

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA

Fakulta strojní

Institut dopravy

Kinematický model projektorové jednotky světlometu

Kinematic model of headlamp projector unit

Autor: Bc. Tomáš Světlík

Vedoucí diplomové práce: Ing. Michal Richtář, Ph.D.

Ostrava 2019

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Institut dopravy

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Tomáš Světlík**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2301T003 Dopravní technika a technologie
Specializace: 20 Silniční doprava
Téma: **Kinematický model projektorové jednotky světlometu**
Kinematic Model of Headlamp Projector Unit
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

Cílem práce je vytvořit kinematický model a prověřit krajní polohy pohybujících se LED projektorových jednotek ve světlometu.

Osnova:

1. Úvod
2. Teoretický rozbor a rešerše v oblasti.
3. Sestavení kinematického modelu.
4. Kinematická analýza světlometu a jeho projektorových jednotek.
5. Pro kritické oblasti vyhodnocení rizik.
6. Zhodnocení a doporučení.
7. Závěr.

Seznam doporučené odborné literatury:

Matějka, R. Vozidla silniční dopravy II, Bratislava, 1990, ISBN 80-7100-074-4.
Vlk, F.: Zkoušení a diagnostika motorových vozidel. Brno: Vlk. 2001.
Design guidelines Varroc Lighting System.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Michal Richtář, Ph.D.**

Datum zadání: 21.12.2018

Datum odevzdání: 20.05.2019



doc. Ing. Aleš Slíva, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě, dne 20. 5. 2019

Handwritten signature of Tomáš Svoboda in cursive script, written over a dotted line.

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem si vědom, že na tuto moji závěrečnou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. Zákon o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (dále jen Autorský zákon), zejména § 35 (Užití díla v rámci občanských či náboženských obřadů nebo v rámci úředních akcí pořádaných orgány veřejné správy, v rámci školních představení a užití díla školního) a § 60 (Školní dílo),
- беру на ве́домі́, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo užít tuto závěrečnou diplomovou práci nekomerčně ke své vnitřní potřebě (§ 35 odst. 3 Autorského zákona),
- bude-li požadováno, jeden výtisk této diplomové práce bude uložen u vedoucího práce,
- s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 Autorského zákona,
- užít toto své dílo, nebo poskytnout licenci k jejímu využití, mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše),
- беру на ве́домі́, že - podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů - že tato diplomová práce bude před obhajobou zveřejněna na pracovišti vedoucího práce, a v elektronické podobě uložena a po obhajobě zveřejněna v Ústřední knihovně VŠB-TUO, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě, dne 20. 5. 2019



Podpis autora práce

Jméno a příjmení autora práce:

Bc. Tomáš Světlík

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Kylešovská 146, 747 81 Otice

Anotace diplomové práce

SVĚTLÍK, T. *Kinematický model projektorové jednotky světlometu: diplomová práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Institut dopravy, 2019, 59 s. Vedoucí práce: RICHTÁŘ, M.

Diplomová práce se zabývá sestavením kinematického modelu projektorové jednotky světlometu a vyhodnocením jeho kritických poloh vůči ostatním dílům světlometu. V první části práce se je popsáno aktuální provedení kinematických možností v předních světlometech automobilů. V druhé části je zkonstruován kinematický model, jeho analýza a pro všechny pohybující se díly je vytvořen jejich zdvihový objem. Ten je následně posouzen vzhledem ke všem okolním dílům. Následně je provedeno vyhodnocení rizik a doporučení jejich odstranění.

Annotation of diploma thesis

SVĚTLÍK, T. *Kinematic model of headlamp projector unit: diploma's thesis*. Ostrava: VŠB – Technical university of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Institute of Transport, 2019, 59 pages. Thesis head: RICHTÁŘ, M.

The goal of diploma thesis is to create kinematics model of projector unit of the headlamp and evaluate its critical positions against adjacent parts. Firstly is described actual options of kinematics of internal parts in headlamps. In next steps is created kinematics mechanism of projector units, its analysis and created swept volume for all moveable parts. Swept volume is later used for analysis of critical positions for all internal parts, evaluated risk of critical positions and recommendation of their elimination.

Obsah

1. Úvod.....	9
2. Kinematika ve světlometu	10
2. 1. Základní seřízení světlometu (Static Aiming).....	10
2. 2. Seřízení výšky světelné stopy (Leveling).....	11
2. 3. Dynamické natáčení (Dynamic bending)	12
2. 4. Kinematika světelného výstupu.....	13
2. 4. 1. Statické světlo do zatáčky (Static bending/Corner)	13
2. 4. 2. LED Matrix systém	14
3. Řešený světlomet	16
3. 1. Popis světlometu.....	16
3.1.1. Těleso světlometu – Housing.....	16
3.1.2. Sklo	17
3.1.3. Podsestava denního svícení, směrového a pozičního světla	17
3.1.4. Podsestava projektorové jednotky	18
3.1.5. Podsestava přidavného dálkového světla.....	18
3.1.6. Ostatní díly světlometu	19
3.1.7. Podsestava housingu	19
3.1.8. Podsestava skla	20
4. Kinematika projektorových jednotek.....	21
4. 1. Kinematické moduly světlometu.....	22
4.1.1. Popis mechanismu	22
4.1.2. Popis kinematického nastavení hlavního modulu.....	23
4.1.3. Popis kinematického nastavení přidavného modulu.....	26

4. 2.	Sestavení kinematických modelů	27
4.2.1.	Rozdělení podsestav a dílů	27
4.2.2.	Konstrukce mechanismu.....	28
4. 3.	Simulace kinematického modelu.....	33
4. 3. 1	Zdvihové objemy dílů a podsestav	36
5.	Analýza kritických oblastí	38
5. 1.	Dynamické natáčení vs. Základní rám	39
5. 2.	Vertikální nastavení.....	40
5. 3.	Horizontální nastavení.....	40
5. 4.	Základní rám.....	41
5. 5.	Spojovací tyč	42
5. 6.	Přídavná dálková jednotka	43
5. 7.	Dynamické natáčení	44
6.	Zhodnocení a doporučení.....	47
6. 1.	Dynamické natáčení vs. Základní rám	47
6. 1. 1.	Zhodnocení.....	47
6. 1. 2.	Doporučení.....	47
6. 2.	Horizontální nastavení vs. Housing.....	48
6. 2. 1.	Zhodnocení.....	48
6. 2. 2.	Doporučení.....	49
6. 3.	Základní rám vs. Housing.....	49
6. 3. 1.	Zhodnocení.....	49
6. 3. 2.	Doporučení.....	50
6. 4.	Přídavná dálková jednotka vs. Housing	50

6. 4. 1.	Zhodnocení.....	50
6. 4. 2.	Doporučení.....	51
6. 5.	Přídavná dálková jednotka vs. Vzhledový rámeček.....	52
6. 5. 1.	Zhodnocení.....	52
6. 5. 2.	Doporučení.....	52
6. 6.	Dynamické natáčení vs. Housing I.....	53
6. 6. 1.	Zhodnocení.....	53
6. 6. 2.	Doporučení.....	53
6. 7.	Dynamické natáčení vs. Housing II.....	54
6. 7. 1.	Zhodnocení.....	54
6. 7. 2.	Doporučení.....	55
6. 8.	Dynamické natáčení vs. Vzhledový rámeček.....	55
6. 8. 1.	Zhodnocení.....	55
6. 8. 2.	Doporučení.....	56
6. 9.	Dynamické natáčení vs. Reflektor DRL.....	56
6. 9. 1.	Zhodnocení.....	56
6. 9. 2.	Doporučení.....	57
7.	Závěr.....	58
	Použitá literatura a zdroje	59

1. Úvod

Přední světlomet automobilu je v dnešní době jedním ze základních a velice důležitých prvků vozidla. Aktuální trendy přispívají k tomu, že světlomet je jedním z hlavních stavebních kamenů při tvorbě designu a návrhu celého automobilu. V předních světlometech je kladen důraz nejen na používání nejnovějších technologií světelných zdrojů, díky kterým je pohodlí a bezpečí řidiče zvyšováno, ale také na možnosti úpravy směru světelného výstupu během jízdy.

Kinematické možnosti světelných výstupů jsou stále častěji využívány a v moderních světlometech jsou jejich nezbytnou součástí. Výhody interní kinematiky ovšem přináší nevýhody z jiných pohledů. Rozsah pohybujících se dílů musí být zajištěn na úkor okolních dílů světlometu. To s sebou přináší větší mezery mezi díly, komplikovanější upevnění dílů a podobně.

Cílem této práce je vytvořit kinematický model projektorových jednotek v řešeném světlometu a vyšetřit jejich kritické polohy vůči ostatním dílům. Sestavení kinematického modelu má být provedeno v programu Catia V5. Práce byla vypracována ve spolupráci s firmou Varroc Lighting Systems s.r.o.

Praktická část práce obsahuje popis jednotlivých kinematických modulů obsažených ve světlometu a sestavení vlastního kinematického mechanismu. Dále je provedena analýza mechanismů a pro kritické oblasti projektorových jednotek vypracováno zhodnocení a doporučení, jak rizikovou oblast odstranit.

2. Kinematika ve světlometu

Kinematika světelného výstupu předních světlometů je důležitou součástí a trendem v nejnovějších lampách automobilů. Díky této kinematice se zvyšuje nejen samotná bezpečnost, ale také pohodlí řidiče. Je kladen důraz na to, aby řidič viděl co nejlépe a co nejvíce, avšak velice důležité je minimalizovat možnost oslnění protijedoucích vozidel, chodců apod.

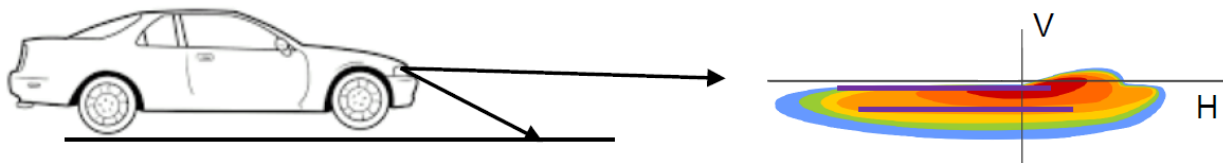
Kinematiku světelných zdrojů ve světlometu lze rozdělit do dvou hlavních částí a to na kinematiku z hlediska optických požadavků a na kinematiku mechanických částí světlometu. My se budeme podrobněji zabývat kinematikou mechanických částí jednotlivých dílů a sestav světlometu.

Z mechanického hlediska lze kinematiku ve světlometech rozdělit do tří hlavních kategorií:

2. 1. Základní seřízení světlometu (Static Aiming)

Zde se jedná o první a základní proces nastavení světlometu. Vzniká přímo ve výrobním procesu, kdy je světelný výstup seřízen na požadovanou hranici, která je dána zákonem. Pro různé trhy se hranice liší.

Vnitřní části světlometu jsou uchycené přes několik prvků k hlavnímu pouzdru. Díky výrobním tolerancím, montážním tolerancím a dalším nepřesnostem ve výrobě je potřeba, aby byla možnost nastavit tuto hranici – světelný výstup. Rozsah tohoto základního seřízení je dán zákazníkem, z pravidla to bývá $\pm 2^\circ$ jak pro horizontální, tak pro vertikální seřízení světelné stopy. Díky těmto seřizovacím rozsahům je následně světlomet schopen seřídít i pracovník na montážní lince po namontování světlometu do automobilu a tím eliminovat výrobní nepřesnosti na přední části automobilu, ke kterým je světlomet přimontován. Další seřízení přichází v úvahu například na stanici technické kontroly STK.

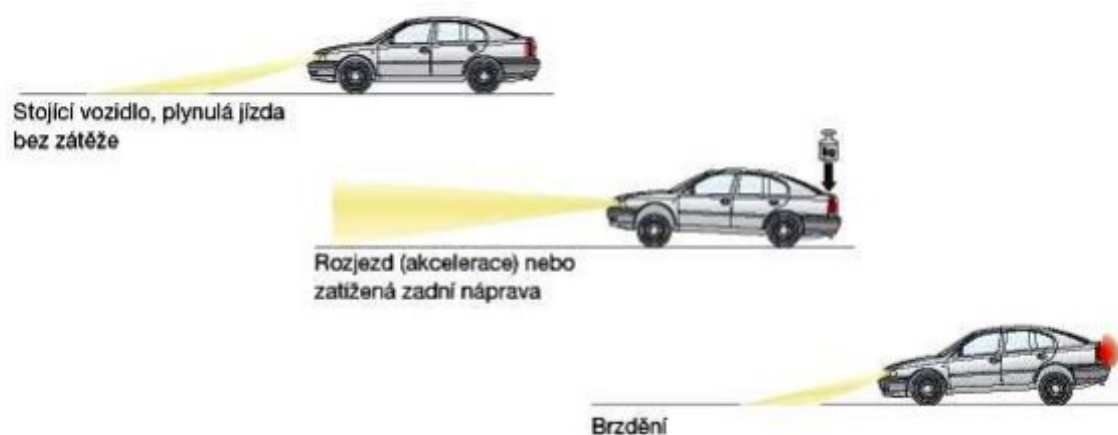


Obr. 1: Základní seřízení světelné stopy [2]

Toto seřízení musí nastavit hlavní funkce světelného výstupu, což je potkávací funkce (Low Beam – LB) a dálková funkce (High Beam – HB). Základní seřízení světelné stopy je nejčastěji tvořeno tak, že zdroj světelného výstupu je upevněn do hlavního tělesa světlometu pomocí jednoho fixního bodu a dvou seřizovacích bodů. Jedním nastavovacím elementem se seřizuje vertikální směr, druhým horizontální směr. Přístup k seřizovacím bodům je z pravidla na zadní straně hlavního tělesa světlometu. [2]

2. 2. Seřízení výšky světelné stopy (Leveling)

Výška světelné stopy se mění se zatížením náprav vozidla, nebo při jeho brzdění či akceleraci. Jedná se pouze o vertikální pohyb. Je nutné mít možnost seřídit její výšku, abychom neoslňovali protijedoucí vozidla a chodce.



Obr. 2: Seřízení výšky světelné stopy [3]

Výšku světelné stopy je možné seřizovat jak manuálně, tak automaticky. Manuální nastavení je možné z pozice řidiče přímo v kabině vozidla pomocí jednoduchého ovladače. Automatické seřízení funguje pomocí několika senzorů, které snímají zatížení náprav a pomocí tohoto vyhodnotí, o kolik je potřeba světlomet seřídit. Po zapnutí světel nejprve dojde ke sklopení do nejnižší polohy a poté zaujmou pozici vyhodnocenou snímači – toto se nazývá referencování polohy. Ve světlometu je v tomto případě zabudován motorek, který je řízen řídicí jednotkou vozidla. Výšku světelné stopy není nutné seřizovat u vozidel, které využívají podvozek se stálou světelnou výškou. Zde se zatížení vozidla neprojeví jeho náklonem, jelikož jej podvozek vždy vyrovná do „nulové“ polohy.

Například pro Xenonové výbojky je dané zákonem, aby měly seřizovanou výšku světlené stopy automaticky. Je to dáno tím, že Xenonové výbojky produkují téměř bílé světlo o cca 2,5x větší intenzitě než halogenové žárovky. Díky tomuto nemůže dojít k nechtěnému oslnění protijedoucích vozidel nebo chodců. [3]



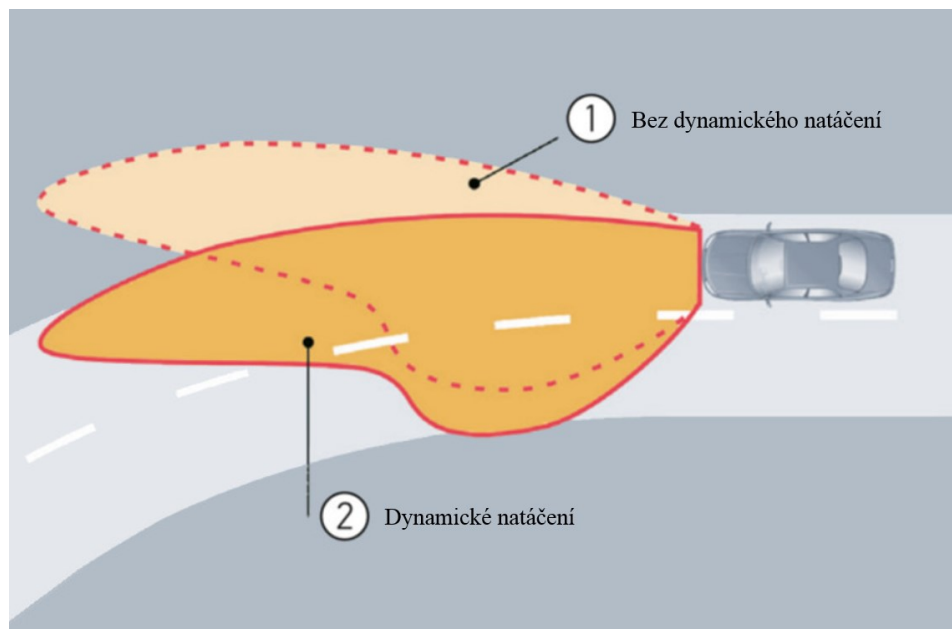
Obr. 3: Seřizovací motorek pro automatické nastavení [4]



Obr. 4: Ovladač pro manuální seřízení [4]

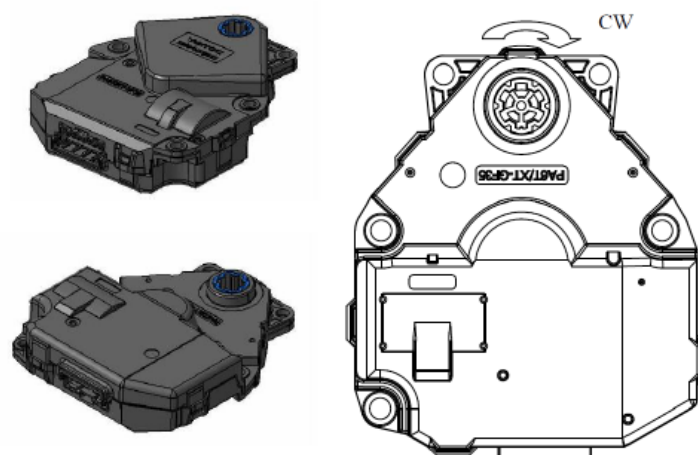
2. 3. Dynamické natáčení (Dynamic bending)

Dynamickému natáčení se rozumí jako horizontálnímu nastavení světelné stopy v závislosti na natočení volantu při průjezdu zatáčkou. Tato kinematika světlometu napomáhá k lepšímu osvětlení zatáčky a zvyšuje bezpečnost a pohodlí řidiče při jejím průjezdu. [5]



Obr. 5: Dynamické natočení světelné stopy [5]

Tato kinematika světlometu není omezena zákonem. Rozsah natočení udává ve specifikaci zákazník, kterou dodává v průběhu předvývoje. Horizontální natáčení ve světlometu je značně omezující pro okolní díly zástavby, proto je na její správné a přesné sestavení během předvývoje a vývoje kladen velký důraz.



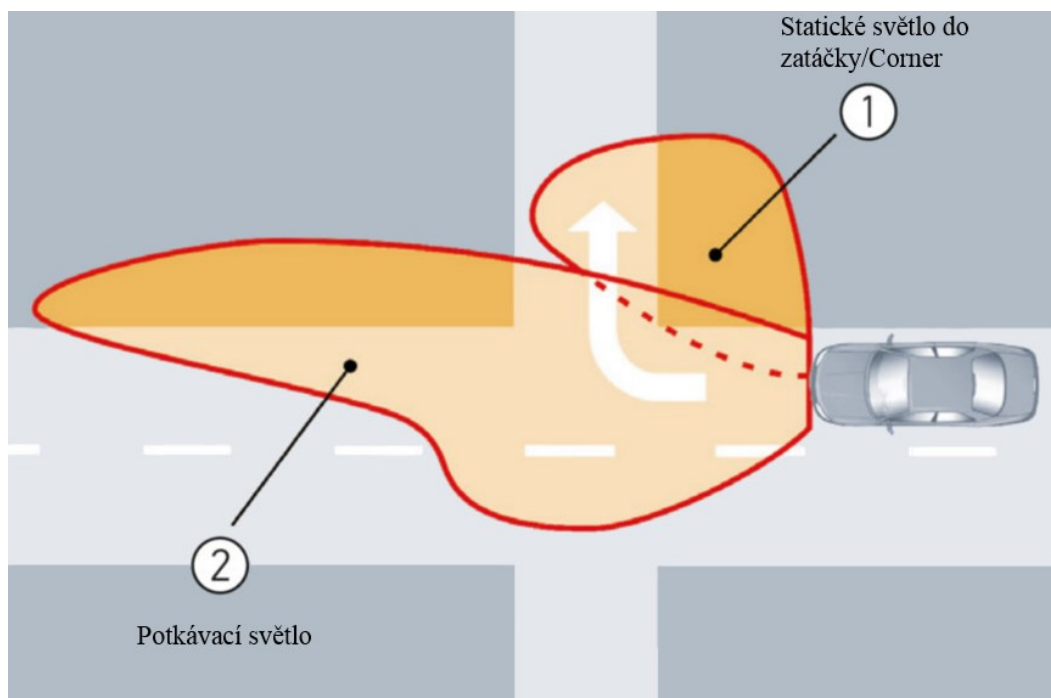
Obr. 6: Motorek pro natáčení světelné stopy [2]

2. 4. Kinematika světelného výstupu

Zde bych zmínil další možnosti, díky kterým je možné přisvěcovat nebo upravovat „tvar“ světelného výstupu, aniž bychom potřebovali fyzicky natáčet jednotlivé součásti uvnitř světlometu.

2. 4. 1. Statické světlo do zatáčky (Static bending/Corner)

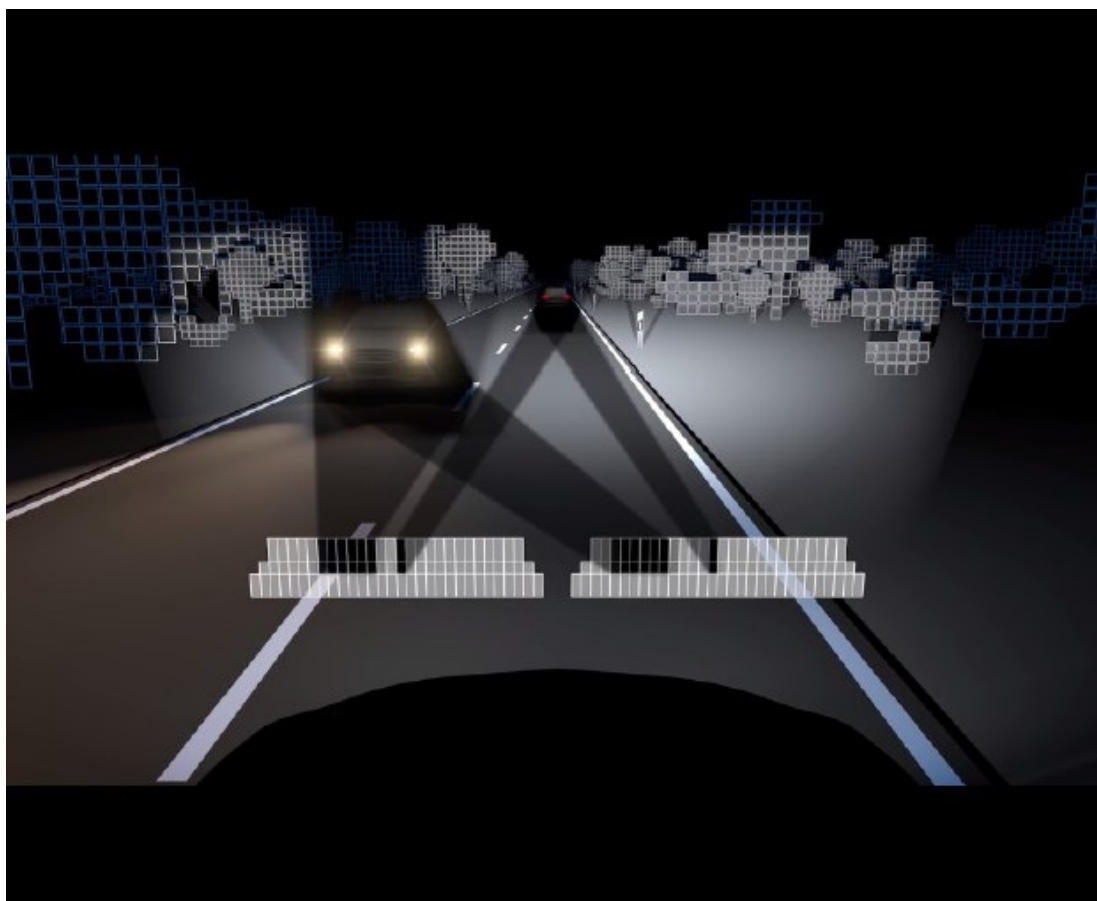
Funguje na stejném principu jako Dynamické natáčení, zde se ovšem nenatáčí díl uvnitř světlometu, ale přisvěcuje nám do strany další přídatný světelný zdroj. V podstatě je ve světlometu umístěn další reflektor, který může být rozsvícen. Řídící jednotka na základě rychlosti, natočení volantů a zapnutého směrového světla vyhodnocuje, zda tento světelný zdroj zapnout. Toto přisvěcování se také nazývá jak funkce Corner. Tato funkce může být i v kombinaci s Dynamickým natáčením. [5]



Obr. 7: Statické světlo do zatáčky [5]

2. 4. 2. LED Matrix systém

Tento systém funguje na principu trvalého dálkového světla, které pomocí kamery vyhodnocuje a vypíná nebo zapíná jednotlivé LED diody, které tvoří kompletní dálkovou funkci. V podstatě by se dalo říct, že je to kinematická funkce přisvětlování. Dálkový svazek je tvořen z několika LED diod poskládaných v řadách a sloupcích. Kamera vyhodnotí například protijedoucí vozidlo, chodce, cyklistu nebo automobil ve stejném směru jízdy a pomocí vypnutí jednotlivých LED diod odstíní tento subjekt z dálkového svazku. Každá LED dioda vysvětluje určitou oblast v dálkovém svazku a každá tato dioda může být vypnuta nezávisle na ostatních.



Obr. 8: Odstínění vozidel pomocí LED Matrix systému [6]

3. Řešený světlomet

Vytvoření kinematického modelu má být provedeno pro přední světlomet vozidla. Světlomet se skládá z hlavní projektorové jednotky, která vykonává hlavní funkce High Beam (HB) a Low Beam (LB). Dále je tato jednotka spřažena pomocí tyče s přídatnou jednotkou pro HB. Mezi další funkce světlometu patří statické přisvětlování do zatáčky (Static Bending), funkce pro denní svícení (DRL) a samozřejmě směrové a parkovací světlo.

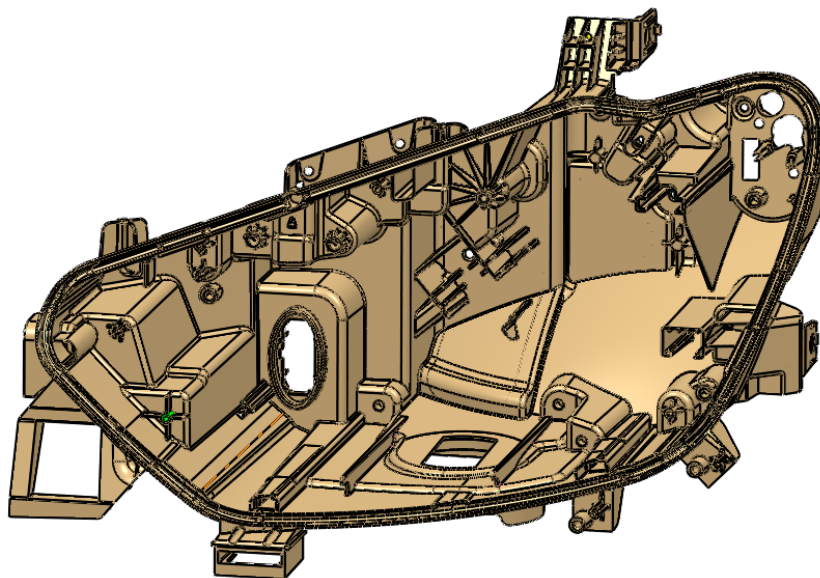
Celý světlomet se skládá z necelé stovky dílů.

3. 1. Popis světlometu

V této kapitole se podrobněji podíváme na hlavní díly a podsestavy světlometu. Budou zobrazeny projektorové jednotky, jejichž kinematika je v práci řešena a také okolní díly, které mají vliv na kinematiku jednotlivých projektorových jednotek.

3.1.1. Těleso světlometu – Housing

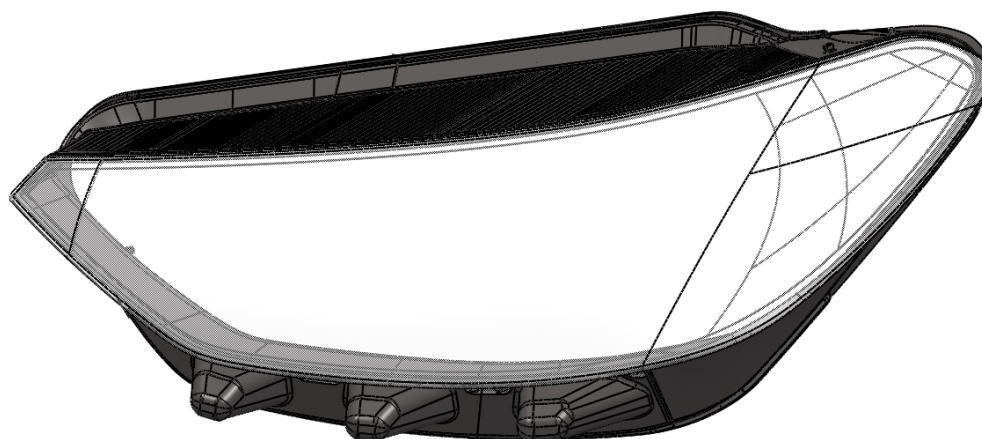
Housing je základním dílem světlometu. Veškeré díly jsou do něj upevněny a housing samotný je poté pomocí upevňovacích elementů připevněn k automobilu. Z hlediska designu není na housing kladen velký důraz, naopak jsou zde vysoké požadavky na pevnost.



Obr. 9: Housing světlometu

3.1.2. Sklo

Sklo je druhým základním dílem světlometu. Spolu s housingem tvoří uzavřenou sestavu produktu. V řešeném světlometu je sklo dvou komponentní, tzn., že sklo je částečně vyrobeno z černého materiálu a částečně z čirého materiálu. Na sklo je nanesen lak, který zvyšuje odolnost povrchu skla před poškrábáním a také obsahuje UV filtr, který zabraňuje žloutnutí skla a dílů ve světlometu za sklem. Sklo je slepeno s housingem pomocí speciálního tmelu a zajištěno sponkami. Ke sklu je v našem případě přišroubována podsestava s DRL osvětlením, směrovým a pozičním světlem.



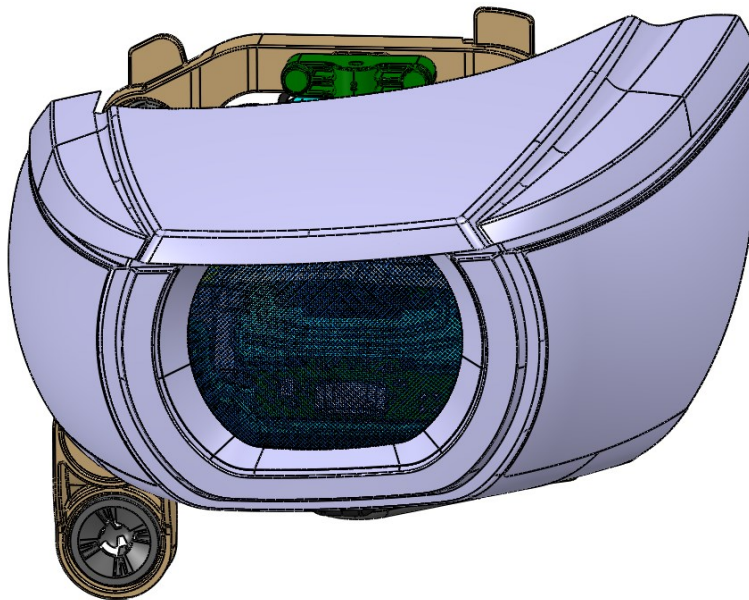
Obr. 10: Sklo světlometu

3.1.3. Podsestava denního svícení, směrového a pozičního světla

Tato podsestava sestává z pěti dílů a je pomocí pěti šroubů přišroubována ke sklu. Hlavním dílem je zde Reflektor, ke kterému jsou upevněny dva světlovodiče, které vykonávají světelné funkce denního svícení, pozičního světla a směrového světla.

3.1.4. Podsestava projektorové jednotky

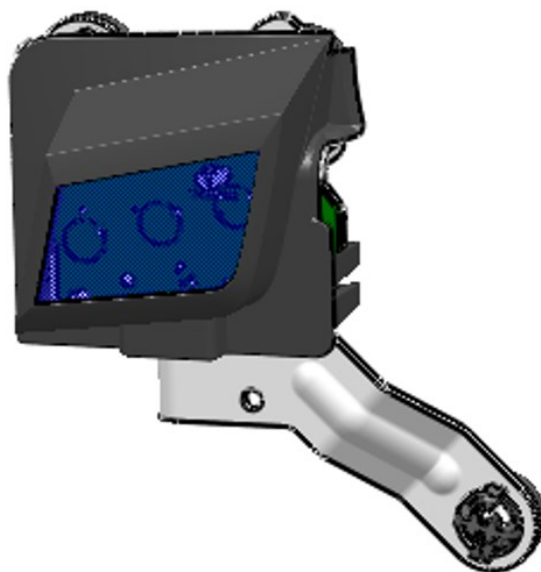
Celá podsestava se skládá celkem z deseti hlavních dílů. Projektorová jednotka je uvažována jako jeden díl, jelikož do této podsestavy vstupuje jako již smontovaný celek. Tato jednotka je zdrojem světla pro hlavní funkce – potkávací a dálkovou. Celá podsestava je připevněna do housingu pomocí třech uchycovacích elementů, z nichž dva jsou elementy nastavovací.



Obr. 11: Projektorová jednotka

3.1.5. Podsestava přidavného dálkového světla

Tato podsestava je upevněna do housingu pomocí dvou kulových čepů, kolem kterých se tato podsestava může horizontálně natáčet. Dalším upevňovacím prvkem je spojovací tyč, pomocí které je tato jednotka spřažena s hlavní projektorovou jednotkou.



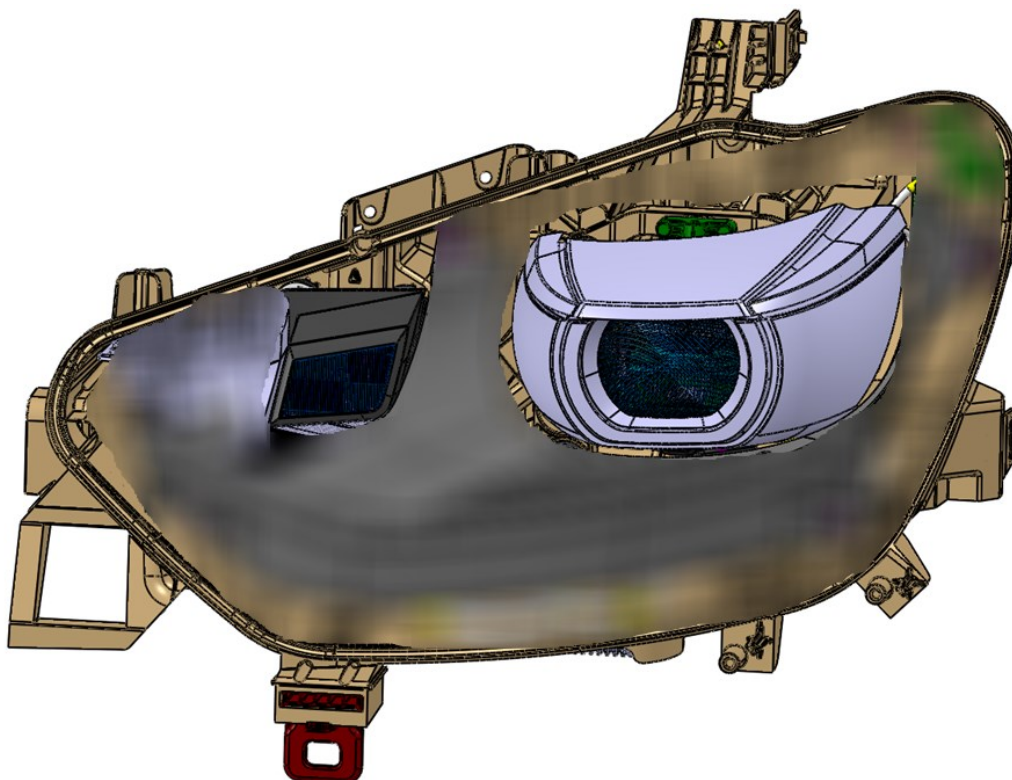
Obr. 12: Podsestava přídavného dálkového světla

3.1.6. Ostatní díly světlometu

Zde bych zařadil především podsestavu malého reflektoru funkce Corner, který je upevněn do housingu a hlavní Vzhledový rámeček, který zakrývá ostatní malé díly uvnitř lampy. Tyto díly jsou především nastavovací elementy, kabeláž a ventilační a těsnicí prvky světlometu.

3.1.7. Podsestava housingu

Světlomet by se jako celek dal rozdělit na dvě hlavní podsestavy, které po společném smontování vytvoří kompletní produkt. První podsestava je Podsestava housingu. V této podsestavě jsou veškeré díly, které jsou připevněny do housingu před jeho slepením se sklem. Podsestava obsahuje Projektorovou podsestavu včetně podsestavy Přídavného dálkového světla, podsestavu Corner reflektoru, Hlavní vzhledový rámeček, nastavovací elementy, ventilační a těsnicí elementy a kabeláž s řídicí jednotkou.



Obr. 13: Podsestava housingu s okolními díly projektorových jednotek

3.1.8. Podsestava skla

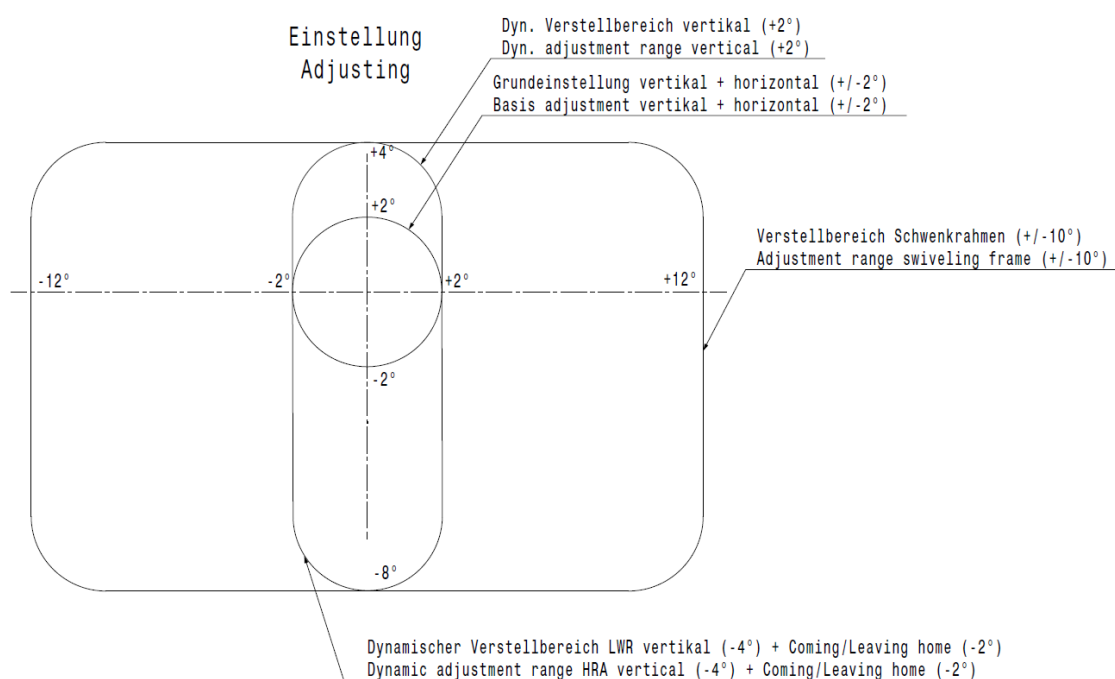
V této podsestavě figurují ty díly, které jsou připevněny ke sklu. Sklo je poté slepeno s housingem včetně těchto dílů. Při návrhu a designu jednotlivých dílů je proto potřeba myslet na to, aby montáž byla proveditelná a nedocházelo k žádným kolizním stavům. Proces lepení je prováděn roboticky, od nanesení lepidla do lepící drážky v housingu, až po vsazení skla do drážky a následnému sponkování.

4. Kinematika projektorových jednotek

V našem světlometu je obsažena následující kinematika projektorových jednotek:

- a) Základní seřízení světelné stopy – horizontální i vertikální nastavení
- b) Seřízení světelné stopy v závislosti na zatížení náprav – vertikální nastavení
- c) Dynamické natáčení do zatáčky – horizontální nastavení
- d) Coming/Leaving Home – vertikální nastavení

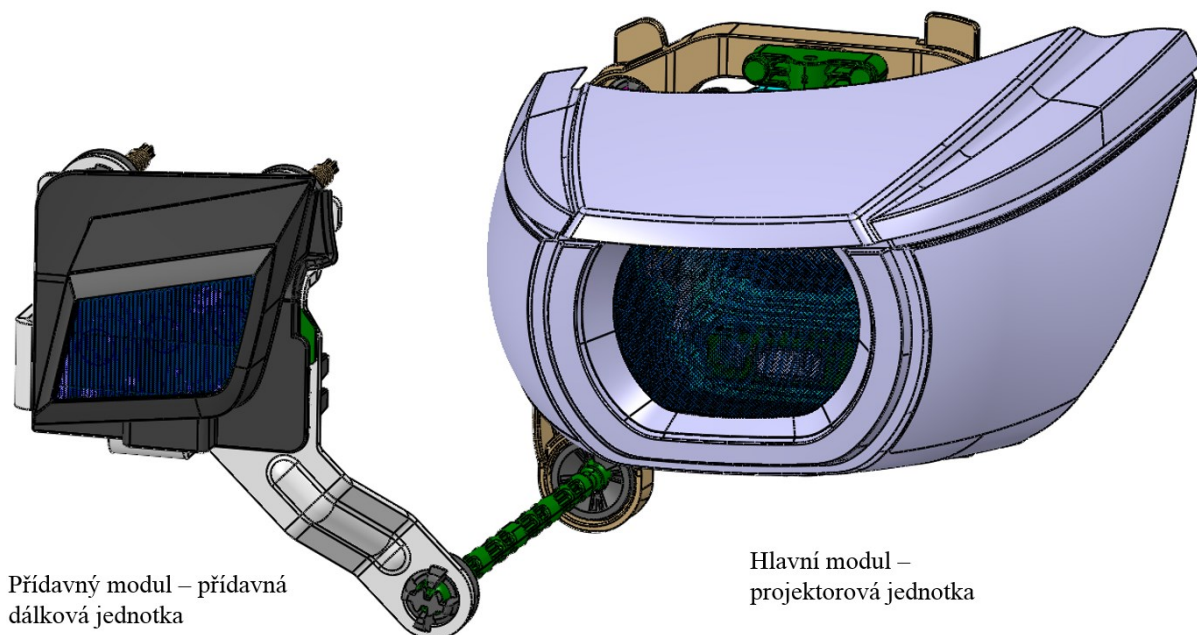
Rozsah jednotlivých kinematických nastavení je dodán zákazníkem ve specifikaci.



Obr. 14: Kinematické seřizovací rozsahy [10]

4. 1. Kinematické moduly světlometu

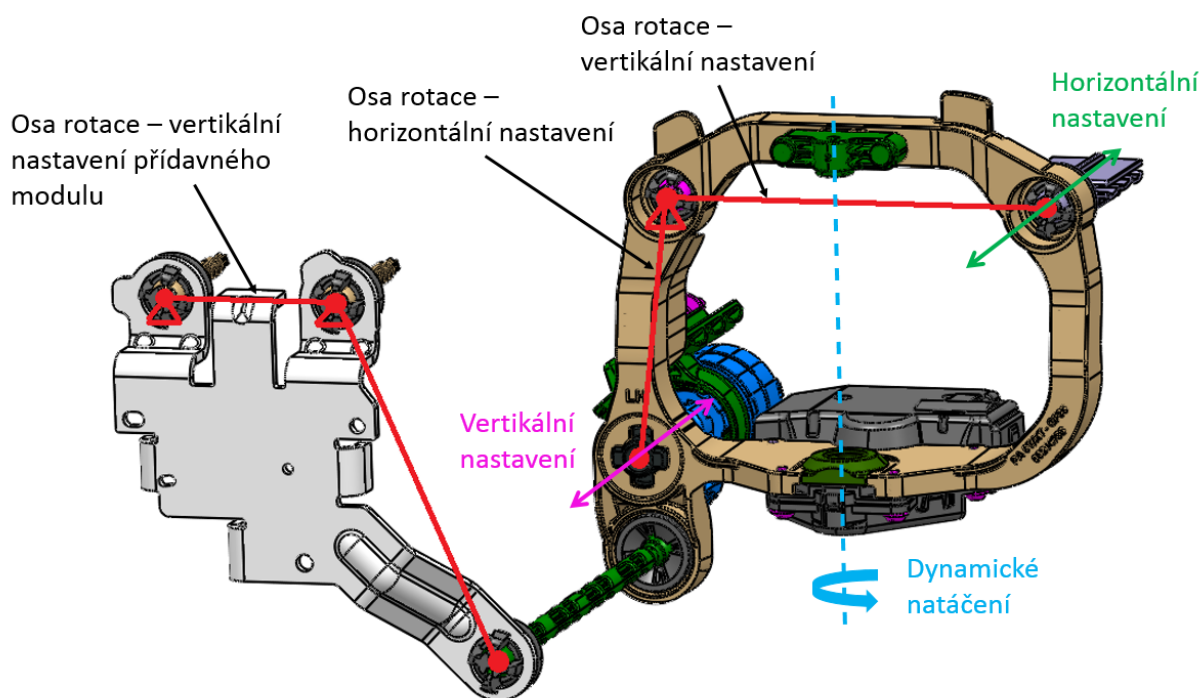
Moduly, které se ve světlometu nastavují, jsou dva. Hlavní modul obsahuje hlavní projektorovou jednotku, která vykonává hlavní funkce Low Beam a High Beam. Druhý modul obsahuje pouze přídatnou dálkovou funkci.



Obr. 15: Kinematické moduly

4.1.1. Popis mechanismu

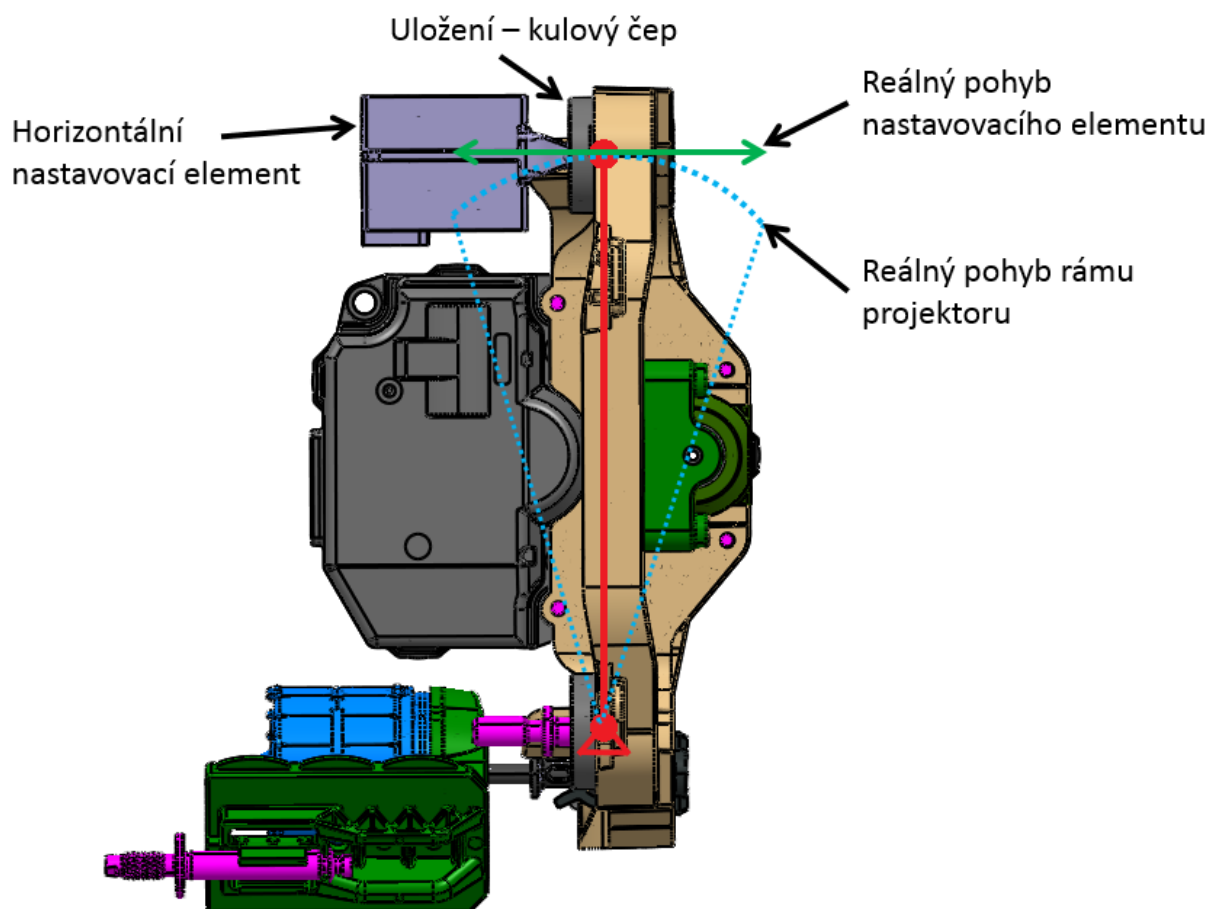
Veškeré kinematické rozsahy jsou vykonávány pomocí tří nastavovacích elementů. Kinematika jednotlivých světelných modulů je tvořená dvěma nastavovacími trojúhelníky – pro každý modul zvlášť. Vertikální a horizontální nastavení se vykonává pomocí kulových čepů, které vykonávají pouze posuvný pohyb. Dynamické natáčení hlavní projektorové jednotky se vykonává pomocí rotačního motorku, jehož osa rotace je dána výstupem z motorku a horním uložením.



Obr. 16: Nastavovací trojúhelníky

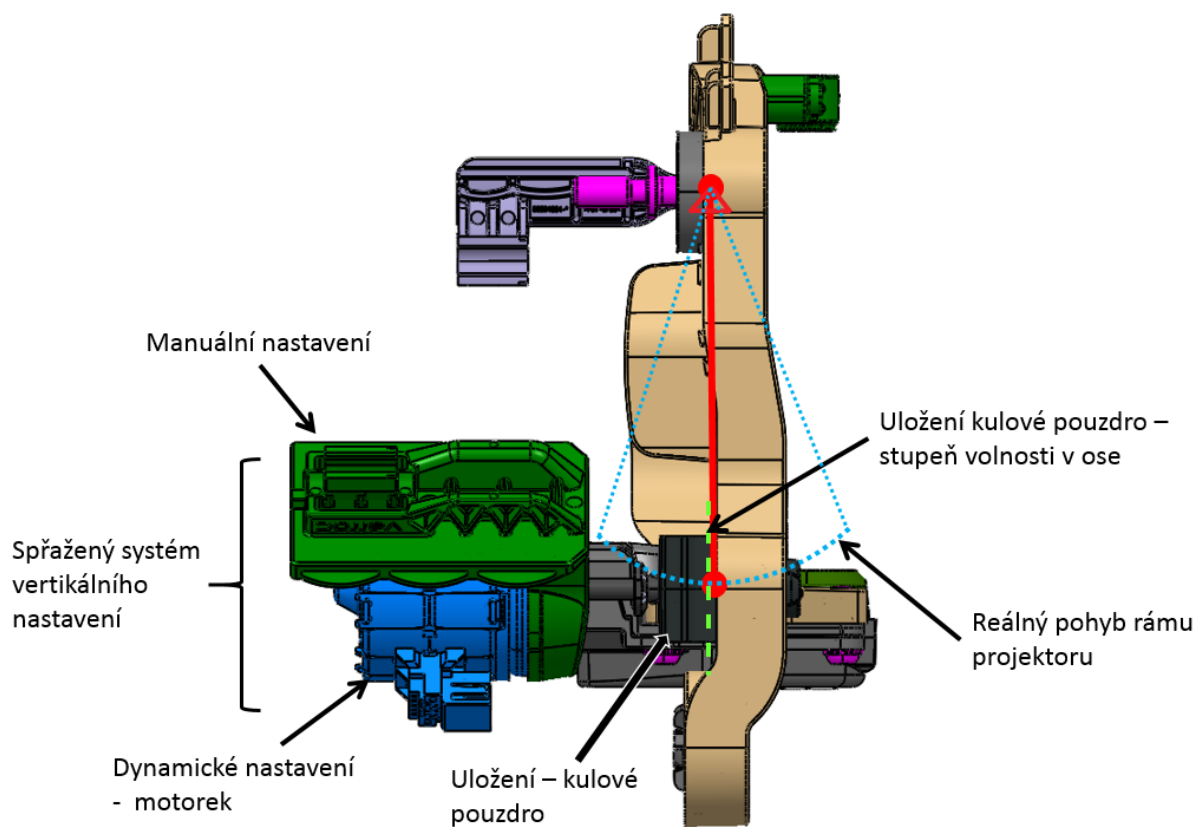
4.1.2. Popis kinematického nastavení hlavního modulu

Hlavní modul je upevněný do tělesa světlometu pomocí tří bodů. 1. pivot – fixní bod, kulový čep vložen do uložení pro kulový čep, 2. horizontální nastavení – seřizovatelný bod, kulový čep vložen do uložení pro kulový čep, 3. vertikální nastavení – seřizovatelný bod, kulový čep vložen do pouzdra pro kulový čep. Kulové pouzdro má přidáný jeden stupeň volnosti ve směru normály na danou osu nastavení. Všechny body mají stejnou X-ovou souřadnici, díky čemuž nedochází k žádným parazitním náklonům a výchylkám během nastavování světelné stopy. Z kinematického hlediska je nutné, aby bylo kulové pouzdro s přidáním stupněm volnosti použito i pro horizontální nastavení, jelikož nastavovací element se pohybuje pouze v ose vysunutí – vykonává přímočarý pohyb, rám se ale vychyluje kolem osy horizontálního nastavení a tím vykonává rotační pohyb po kružnici. Jelikož je ale horizontální nastavení pouze $\pm 3^\circ$, v reálném mechanismu můžeme použít uložení pro kulový čep, jehož vnitřní deformace dokážou vykryt způsobenou odchylku.

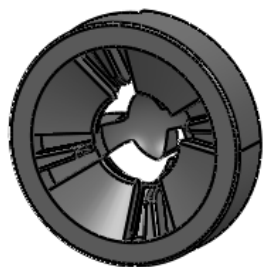


Obr. 17: Horizontálního nastavení hlavního modulu

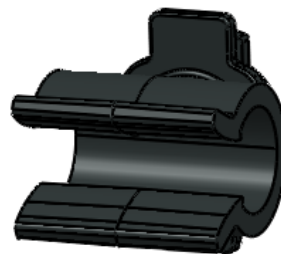
Vertikální nastavení hlavního modulu je řešeno pomocí spřaženého lineárního systému manuálního a dynamického nastavení. Pomocí manuálního nastavení se světelný výstup seřídí na základní nastavení světelné stopy – Static Aiming. Pomocí dynamického nastavení (krokový motorek) je poté dosaženo nastavení výšky světelné stopy podle zatížení náprav – Leveling, a funkce Coming/Leaving Home. Zde již je rozsah větší ($+5^{\circ}/-9^{\circ}$), proto nelze použít uložení pro kulový čep, ale je nutné použít uložení kulového čepu do kulového pouzdra.



Obr. 18: Vertikální nastavení hlavního modulu



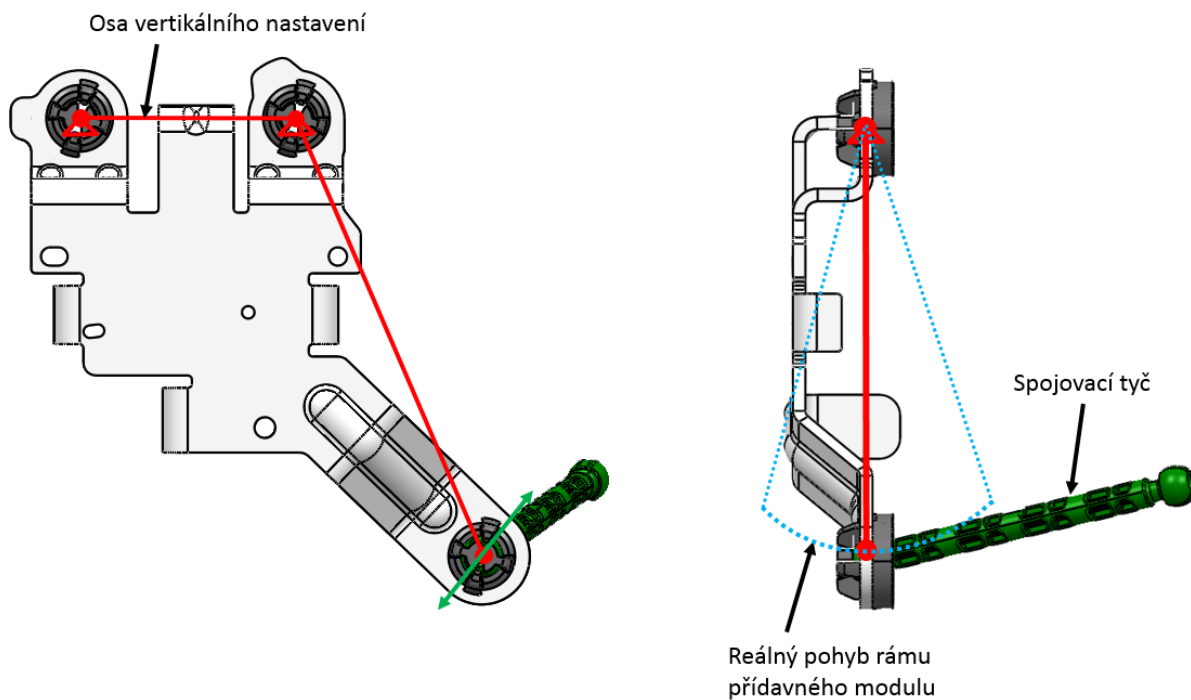
Obr. 19: Uložení – kulový čep



Obr. 20: Uložení – kulové pouzdro

4.1.3. Popis kinematického nastavení přídavného modulu

Přídavný modul je seřizován pouze vertikálně v závislosti na seřízení modulu hlavního. Jeho nastavení je synchronizované prostřednictvím spojovací tyče, která je uložena pomocí uložení pro kulový čep v rámu hlavního modulu a stejně tak je uložena v rámci pro přídavný modul. Rám přídavného modulu je fixně upevněn na dvou kulových čepích, jehož středy vytvářejí osu rotace pro vertikální nastavení. Horizontální nastavení hlavního modulu nesmí mít vliv na vertikální nastavení přídavného modulu, vertikální nastavení hlavního modulu nesmí mít vliv na horizontální nastavení přídavného modulu. X-ové souřadnice všech bodů uložení jsou stejné, díky čemuž nedochází k žádným parazitním náklonům a výchylkám při natáčení rámu.



Obr. 21: Vertikální nastavení přídavného modulu

4. 2. Sestavení kinematických modelů

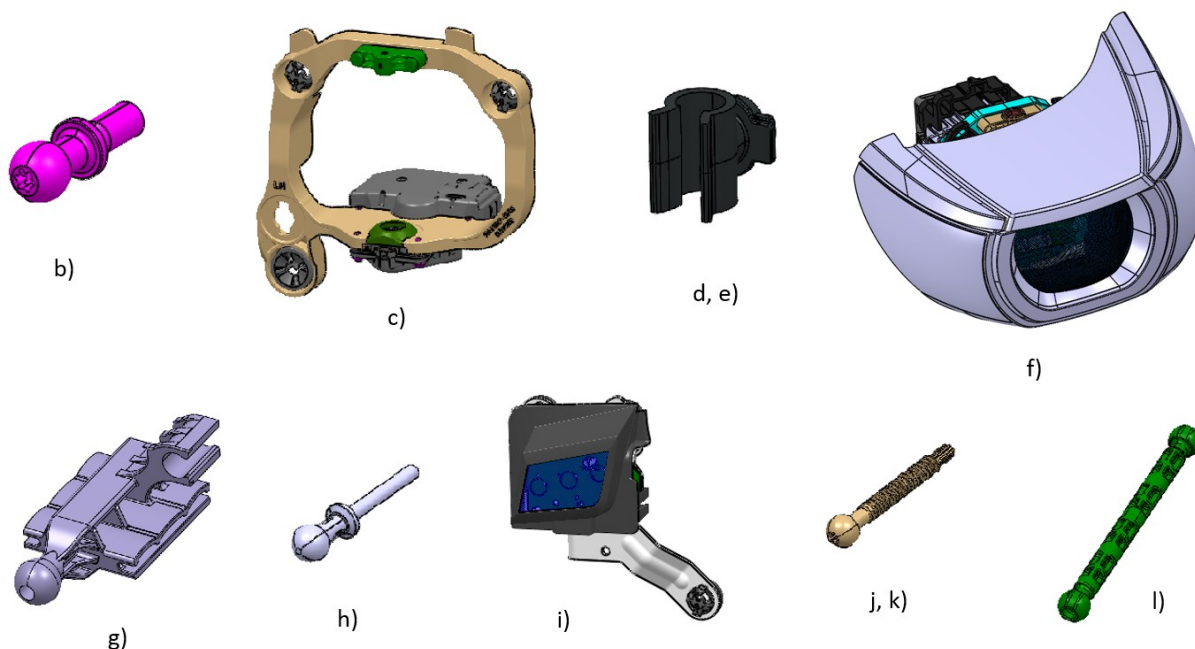
Požadavek zadavatele diplomové práce je, aby byl kinematický model vytvořen v softwaru Catia V5.

4.2.1. Rozdělení podsestav a dílů

Hlavní kinematický model projektorových jednotek bude vytvořen v nové sestavě. Před tím je nejprve nutné si rozdělit jednotlivé podsestavy a díly do nových podsestav tak, jak se jednotlivé díly a podsestavy vůči sobě v mechanismu natáčejí. Dále je potřeba si vytvořit nový díl – SKELETON, do kterého bude vložena pomocná geometrie pro pohyb nastavovacích elementů. Tento díl ne bude obsahovat žádnou 3D geometrii.

Seznam vytvořených podsestav a jednotlivých dílů pro sestavu Kinematiky:

- a) Skeleton – nový pomocný díl
- b) Pivot – fixní díl sestavy, kulový čep
- c) Základní rám – podsestava, vykonává vertikální a horizontální pohyb
- d) Kulové pouzdro I – díl uložení pro vertikální seřízení
- e) Kulové pouzdro II – pomocný díl, uložení pro horizontální seřízení
- f) Swiveling – podsestava pro dynamické natáčení
- g) Horizontální nastavení – díl pro nastavení horizontální polohy
- h) Čep motorku – díl pro nastavení vertikální polohy
- i) Přídavná dálková jednotka – podsestava přídavné dálkové jednotky
- j) Kulový šroub I – fixní díl pro uložení přídavné dálkové jednotky
- k) Kulový šroub II – fixní díl pro uložení přídavné dálkové jednotky
- l) Spojovací tyč – spojovací díl mezi Základním rámem a podsestavou přídavné dálkové jednotky



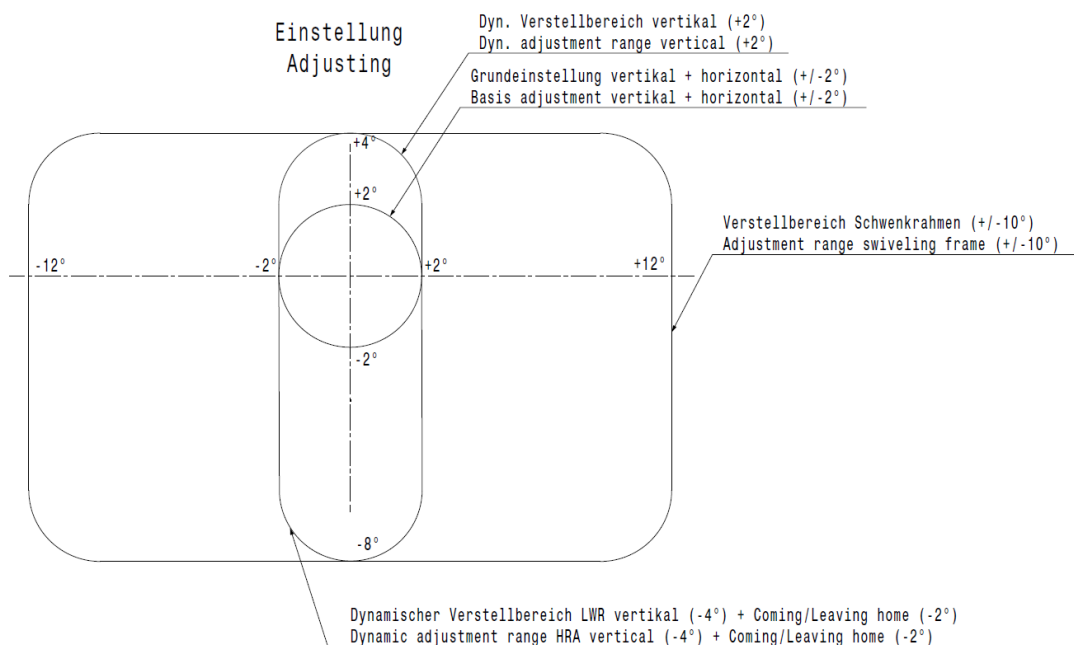
Obr. 22: Podsestavy a díly kinematického modelu

4.2.2. Konstrukce mechanismu

Celkové rozsahy, ve kterých se má mechanismu pohybovat, jsou – vertikálně $+4^{\circ}/-8^{\circ}$ a horizontálně $\pm 12^{\circ}$. V tomto rozsahu jsou zahrnuty tyto nastavení:

- a) Základní seřízení světelné stopy: $\pm 2^{\circ}$ (horizontální i vertikální pohyb)
- b) Seřízení světelné stopy dle zatížení náprav: $+2^{\circ}/-4^{\circ}$ (vertikální pohyb)
- c) Coming/Leaving Home: -2° (vertikální pohyb)
- d) Dynamické natáčení do zatáčky: $\pm 10^{\circ}$ (horizontální pohyb)

K celkovým rozsahům bude v rámci tolerancí připočten jeden stupeň na každou stranu. Jedná se o bezpečnostní toleranci, která se přidává k celkovému rozsahu, vzhledem ke značnému tolerančnímu řetězci pro výrobu a montáž plastových dílců. Celkový rozsah, pro který bude kinematický model sestaven je tedy $+5^{\circ}/-9^{\circ}$ pro vertikální seřízení a $\pm 13^{\circ}$ pro horizontální seřízení.



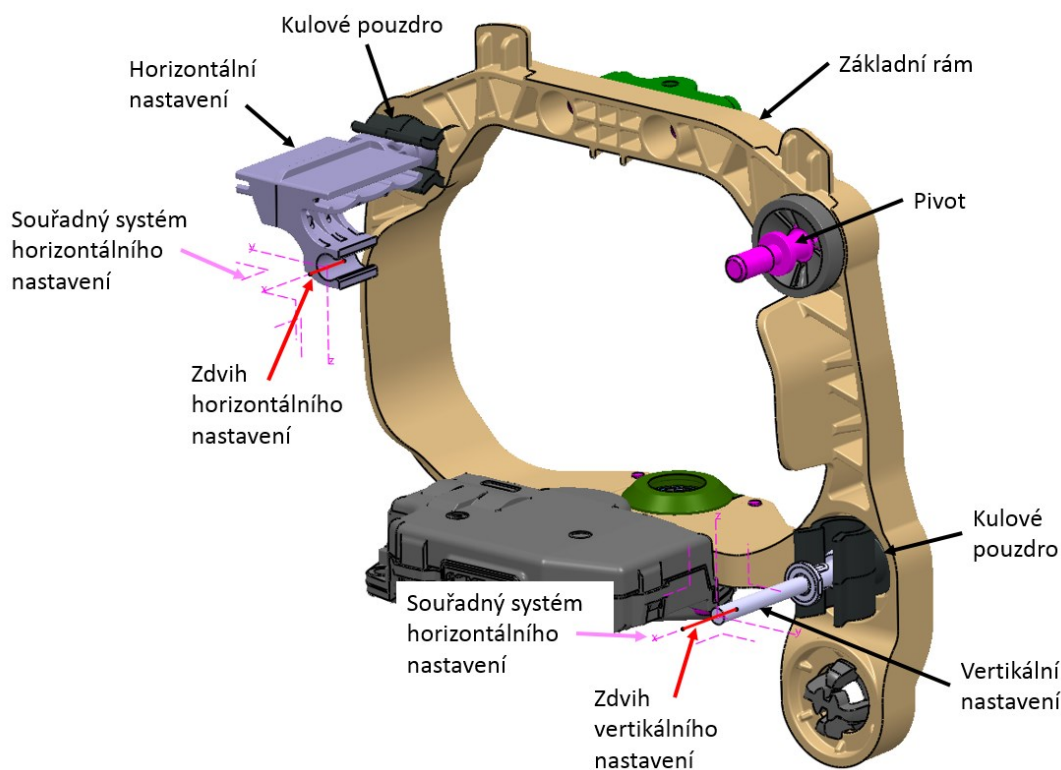
Obr. 23: Celkové rozsahy seřízení požadované zákazníkem [10]

Každý mechanismus musí mít 0° volnosti, díky čemuž je mechanismus určen v prostoru a může být „rozpohybován“. Jednotlivý díl nebo podsestava má obecně v prostoru celkem 6° volnosti – tři pro pohyb v osách X, Y a Z, a tři pro rotaci kolem těchto os. Vhodnými kinematickými dvojicemi – vazbami mezi díly/podsestavami odebíráme jednotlivé stupně volnosti. V mechanismu je potřeba také určit minimálně jeden díl, který bude ukotven – tzn., že bude v prostoru pevný a bude mít 0° volnosti. K tomuto dílu je nutné zavazbit ostatní dílce mechanismu.

Jako první krok bylo potřeba určit fixní body mechanismu. Ty byly dané – Pivot pro upevnění hlavního modulu Projektorové jednotky a Kulový šroub I a II pro upevnění Přídavné dálkové jednotky. Středů těchto fixních bodů jsou zavazbeny do středů pro uložení kulových čepů obou rámců pomocí vazby „Spherical joint“. Dané byly také pozice a směr vertikálního a horizontálního nastavení. Následně bylo potřeba určit délku zdvihů pro jednotlivé nastavovací elementy. Jelikož známe rozměr rámu, který vykonává úhlové vychýlení, lze si jednotlivé zdvihy jednoduše dopočítat. Tyto zdvihy vytvoříme v pomocném díle SKELETON. V tomto díle je také nutné vytvořit souřadné systémy obou nastavovacích elementů, jelikož je nutné definovat rovinu a směr, jakým se elementy reálně pohybují. Díl Skeleton musí být zdefinovaný také jako fixní díl sestavy. K pomocným souřadným systémům ve Skeletonu zavazbíme oba nastavovací elementy pomocí příkazu „Prismatic joint“. Je potřeba určit roviny,

po kterých vykonávají pohyb a dále určit nastavovacím elementům délku jejich zdvihu pomocí vazby „Point Curve joint“.

Nyní je potřeba zavazbit do mechanismu uložení, přes které budou nastavovací elementy pohybovat se Základním rámem. Ve skutečné sestavě je pro horizontální nastavení použito uložení pro kulový čep – to je potřeba v kinematické sestavě nahradit za stejné uložení, jako má vertikální nastavení – kulové pouzdro. To umožňuje pohyb kulového čepu nastavovacích elementů v ose vedení kulového pouzdra, což je pro správnou funkci mechanismu nutné. Kulová pouzdra zavazbíme do Základního rámu pomocí vazby „Revolute joint“. Poté zavazbíme středy kulových čepů nastavovacích elementů na volnou osu pohybu jednotlivých kulových pouzder – zde využijeme vazby „Point Curve joint“.



Obr. 24: Sestavení mechanismu – krok I

Nyní máme Základní rám zavazben tak, že má 0° volnosti a můžeme jej rozpohybovat. Délka zdvihu pro horizontální nastavení pokryje rozsahy $\pm 3^\circ$ – pouze Základní seřízení světelné stopy (Aiming) včetně 1° tolerance. Jeho závislost mezi délkou vysunutí nastavovacího elementu a úhlem natočení Základního rámu je zobrazena v Tabulce 1.

[mm]	0	2,01	4,02	6,03	8,04	10,05	12,05
[°]	-3	-2	-1	0	1	2	3

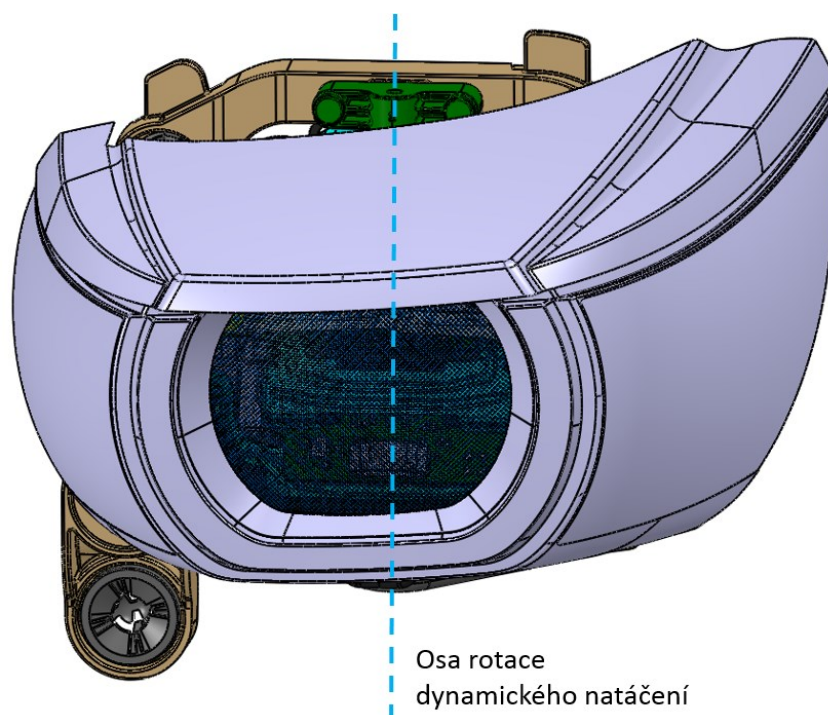
Tabulka 1: Závislost mezi délkou vysunutí nastavovacího elementu a úhlovým nastavením pro horizontální seřízení – funkce Aiming.

Délka zdvihu pro vertikální nastavení zaručí rozsah nastavení $\pm 5/-9^\circ$. Vertikální nastavení pokrývá Základní seřízení světelné stopy ($\pm 3^\circ$ – včetně 1° tolerance), nastavení výšky světelné stopy v závislosti na zatížení náprav ($\pm 2^\circ/-4^\circ$) a funkce Coming/Leaving Home (-2°). Závislost mezi délkou vysunutí nastavovacího elementu a úhlem natočení Základního rámu je zobrazen v Tabulce 2.

[mm]	0	1,31	2,63	3,94	5,25	6,56			
[°]	5	4	3	2	1	0			
[mm]	7,87	9,18	10,50	11,81	13,13	14,45	15,77	17,11	18,44
[°]	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9

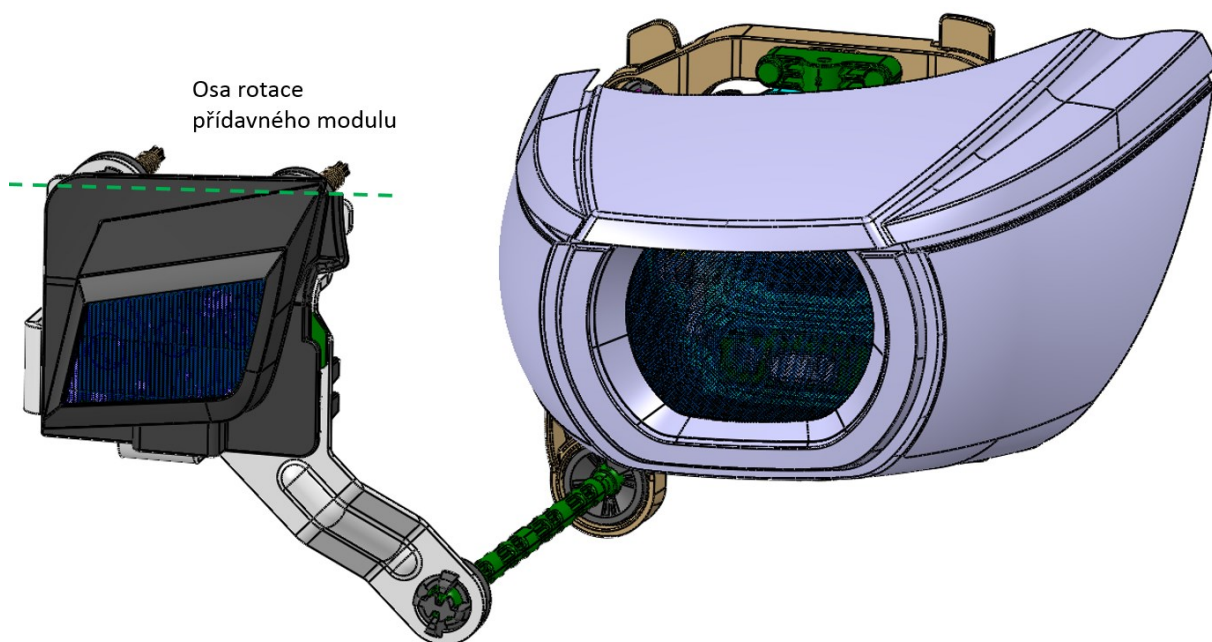
Tabulka 2: Závislost mezi délkou vysunutí nastavovacího elementu a úhlovým nastavením pro vertikální seřízení – funkce Aiming, Leveling, Coming/Leaving Home.

Nyní se zaměříme na podsestavu Swiveling. Tato podsestava obsahuje hlavní projektorovou jednotku a vůči Základnímu rámu vykonává rotační pohyb – dynamické natáčení v závislosti na natočení volantů. K Hlavnímu rámu je upevněna pomocí uložení v motorku, který je připevněn ve spodní části Základního rámu, a v otočném uložení v horní části Základního rámu. Rozsah natáčení je $\pm 10^\circ$. Pomocí vazby „Revolute joint“ určíme rovinu, na které bude podsestava uložena a dále osu rotace.



Obr. 25: Sestavení mechanismu – dynamické natáčení

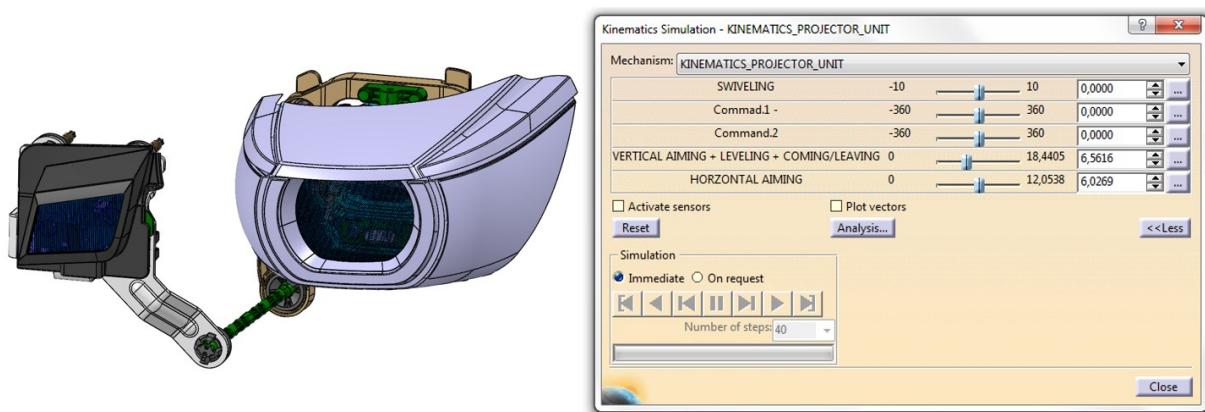
V dalším kroku zavazbíme do mechanismu modul Přídavné dálkové jednotky. Ta je upevněna ke dvěma Kulovým šroubům a pomocí Spojovací tyče je tato jednotka pevně spojena se Základním rámem. Díky tomu bude vertikální nastavení Základního rámu ovládat i vertikální nastavení Přídavné dálkové jednotky. Jeden konec spojovací tyče zavazbíme pomocí příkazu „Spherical joint“, druhý konec pomocí vazby „Universal joint“.



Obr. 26: Sestavení mechanismu – Přídavná dálková jednotka

4. 3. Simulace kinematického modelu

Po správném sestrojení kinematického mechanismu je možné tento mechanismus rozpohybovat – simulovat jeho reálný pohyb. Díky tomu získáme nejen kritické polohy mechanismu, které jsme schopni sestrojít i bez kinematického modelu, ale i kompletní dráhu a polohu „hýbajících se“ elementů. To je důležité k určení rizikových poloh jednotlivých dílů k okolním dílům světlometu. Sestrojený mechanismus s ovládacími příkazy můžeme vidět na následujícím obrázku:



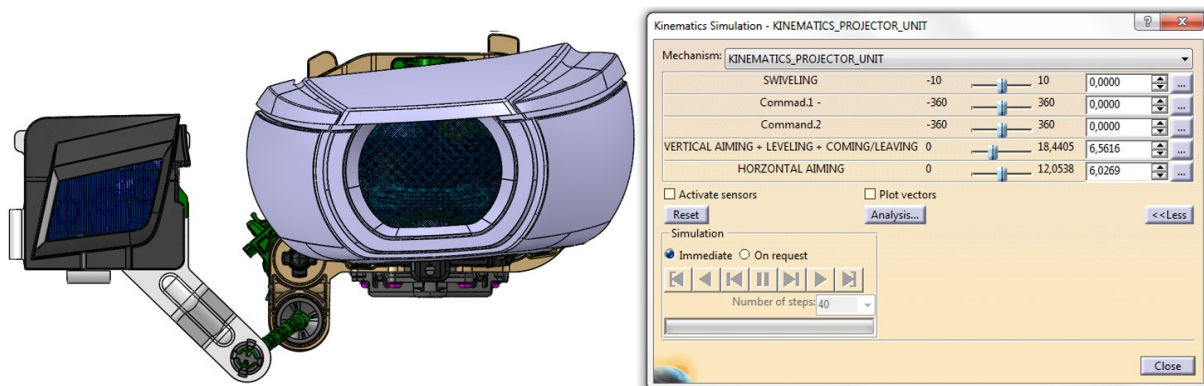
Obr. 27: Kinematický mechanismus s řídicími příkazy

Simulace kinematiky je řízená celkem třemi příkazy. V mechanismu ji je ovšem vytvořených pět – Command.1 a Command.2 jsou vytvořené pouze pro správnou funkci mechanismu a nevykonávají žádný pohyb. Pomocí těchto příkazů je dosaženo odebrání jednoho stupně volnosti pro uložení kulových pouzder v Základním rámu. Bez příkazů by v mechanismu byly stále 2° volnosti.

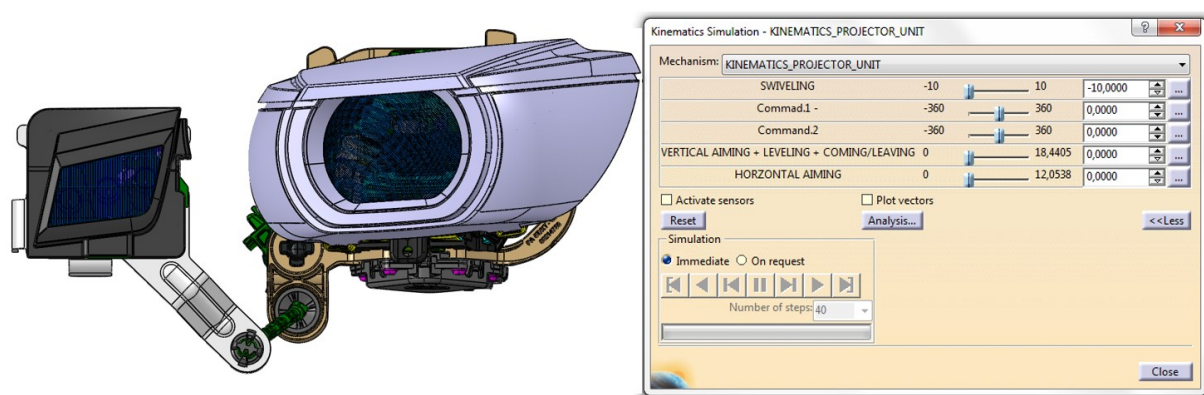
Řídící příkazy mechanismu jsou následující:

- 1) SWIVELING – jedná se o funkci dynamického natáčení světlometu do zatačky. Samotné natáčení vykonává rotační motorek, jehož rozsah je zadán ve stupních. Celkový rozsah je vidět v tabulce příkazů -10 až +10. Nulová poloha je v pozici 0.
- 2) VERTICAL AIMING+LEVELING+COMING/LEAVING – jedná se o celkový rozsah vertikálního seřízení. Rozsah je vykonáván přímočarým posuvným pohybem, proto je rozsah dán délkou vysunutí nastavovacího elementu. Nulová poloha pro vertikální seřízení je v pozici 6,5616 mm. Při maximální zasunutí elementu, což odpovídá poloze 0 mm, je projektorová jednotka v pozici +5°. To odpovídá pozici maximálního základního seřízení +3° a maximálního seřízení výšky světelné stopy +2°. Při maximálním vysunutí nastavovacího elementu je projektorová jednotka v pozici 18,4405 mm, což odpovídá úhlovému natočení -9°. Projektor v této pozici svítí „do země“. Poloha je dána maximálním základním seřízením -3°, maximální natočením výšky světelné stopy danou zatížením náprav -4° a funkcí Coming/Leaving Home -2°.
- 3) HORIZNOTAL AIMING – jedná se pouze o základní seřízení světelné stopy, které je v rozsahu +/-3°. Toto nastavení je prováděno také přímočarým posuvným pohybem a je dáno délkou vysunutí nastavovacího elementu. Nulové vychýlení je v pozici nastavovacího elementu 6,0269 mm. Poloha projektoru -3° je v pozici nastavovacího elementu 0 mm, poloha +3° je v pozici nastavovacího elementu 12,0538 mm.

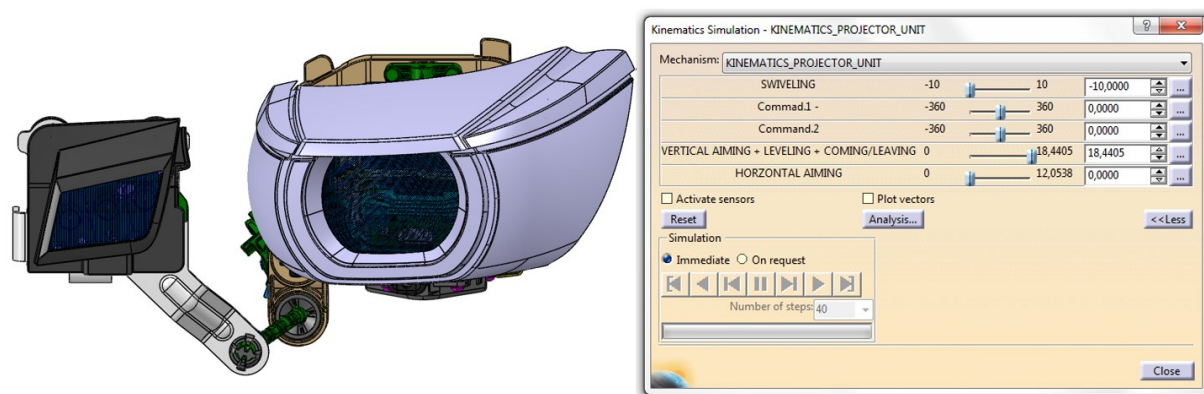
Na následujících obrázcích je zobrazena nulová a dále čtyři kritické „rohové“ polohy mechanismu.



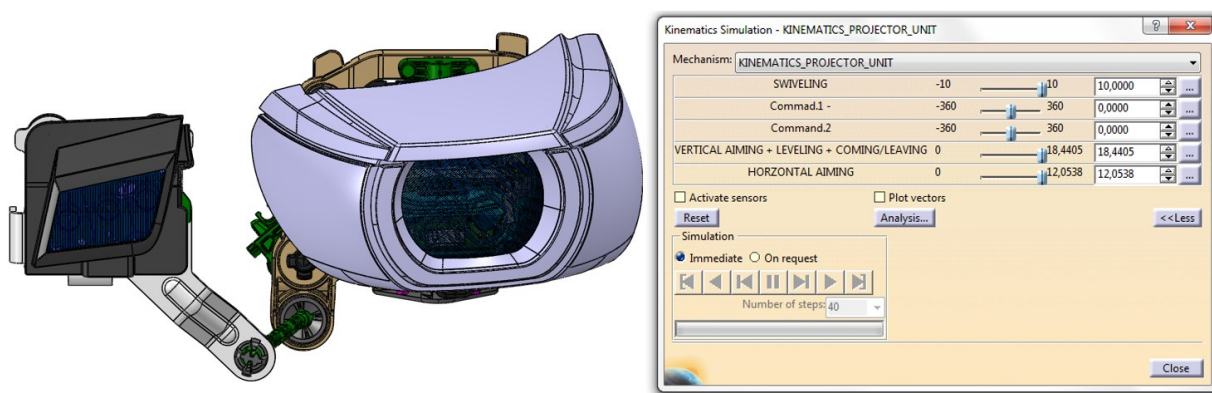
Obr. 28a: Nulová pozice – 0° swiveling, 0° vertical, 0° horizontal



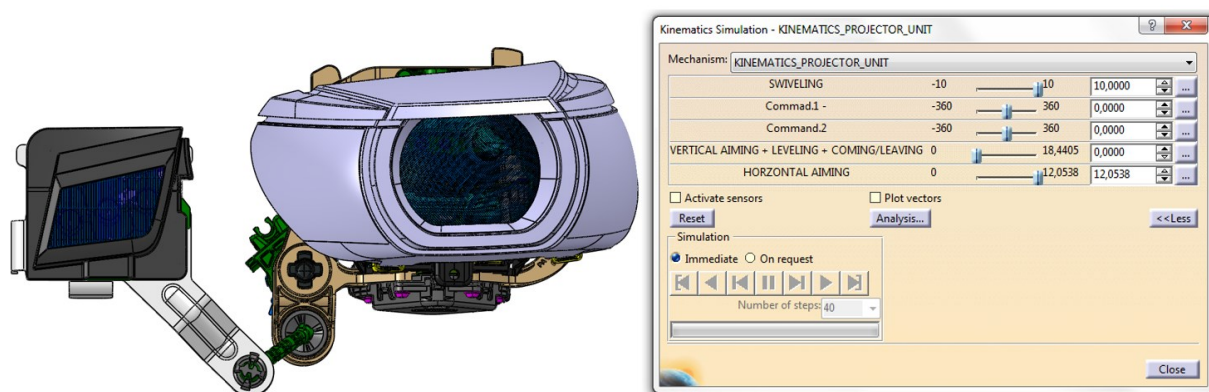
Obr. 28b: Pozice -10° swiveling, -5° vertical, -3° horizontal



Obr. 28c: Pozice -10° swiveling, $+9^\circ$ vertical, -3° horizontal



Obr. 28d: Pozice $+10^\circ$ swiveling, $+9^\circ$ vertical, $+3^\circ$ horizontal



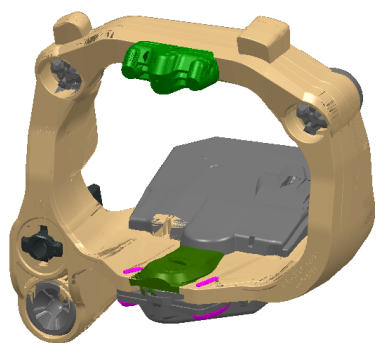
Obr. 28e: Pozice $+10^\circ$ swiveling, -5° vertical, $+3^\circ$ horizontal

4. 3. 1 Zdvihové objemy dílů a podsestav

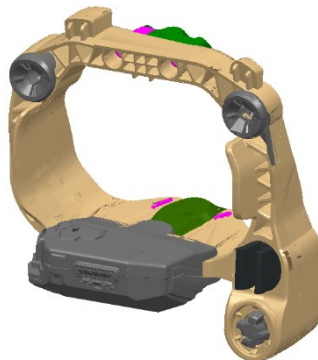
K určení kritických oblastí mechanismu je možné v software Catia V5 využít několik možností. Z hlediska výpočetního času a náročnosti na hardware PC stanice je nejlepší řešení vytvoření zdvihových objemů všech dílců, které v mechanismu vykonávají pohyb. Tato funkce vytvoří nový díl, který je tvořen sítí bodů a ploch reprezentující pohyb tohoto dílu, který jsme definovali jeho simulací. V podstatě se jedná o zdvihový objem dílu, který tento díl vykoná vlastním pohybem z bodu A do bodu B.

Po vytvoření zdvihových objemů všech dílců mechanismu můžeme tyto díly vložit do sestavy světlometu namísto sestavy projektorové jednotky a provést analýzu kolizí a minimálních vůlí k okolním dílům světlometu.

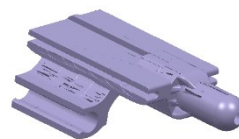
Na následujících obrázcích jsou prezentovány zdvihové objemy všech dílů v mechanismu projektorových jednotek:



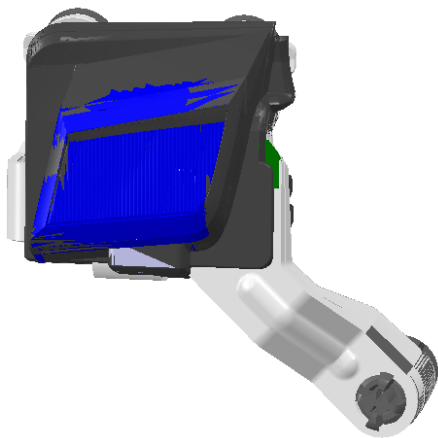
a)



b)



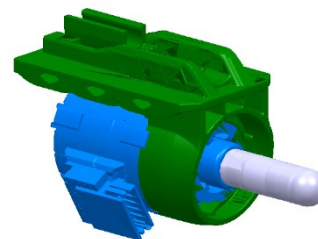
c)



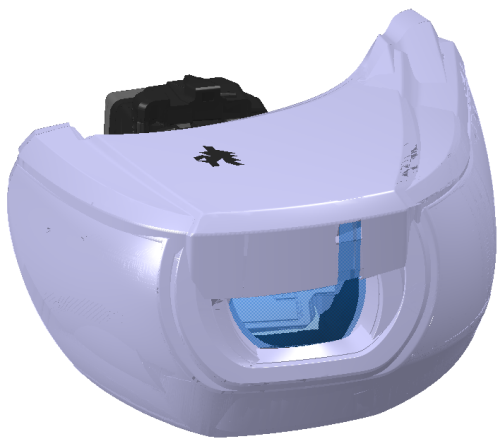
d)



e)



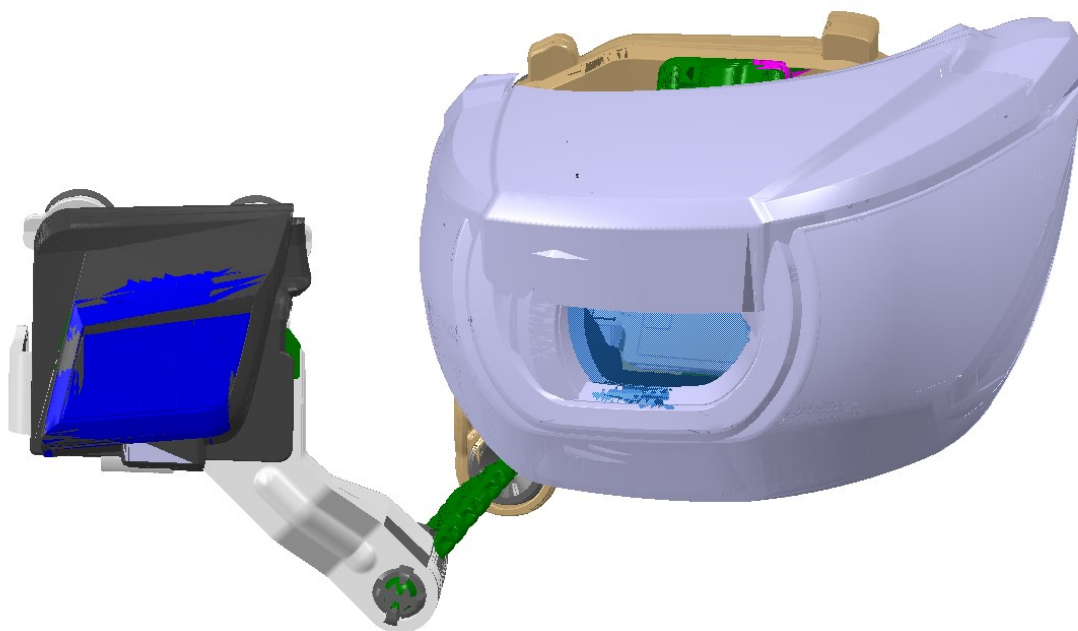
f)



g)



h)



i)

Obr. 29: Zdvihové objemy dílů a podsestav

- a) Základní rám – přední pohled
- b) Základní rám – zadní pohled
- c) Horizontální nastavovací element
- d) Přídavná dálková jednotka
- e) Spojovací tyč
- f) Vertikální nastavovací element
- g) Dynamické natáčení $+10^\circ$
- h) Dynamické natáčení -10°
- i) Podsestava všech dílů tvořených jejich zdvihovým objemem

5. Analýza kritických oblastí

Po vytvoření zdvihových objemů všech pohybujících se dílů vytvoříme novou sestavu, která bude tyto díly obsahovat (tuto sestavu můžeme vidět na obrázku 29i). Následně provedeme analýzu kolizí a vůlí od této podsestavy, případně jednotlivých dílů a okolních dílů světlometu. Požadavkem je, aby veškeré díly měli mezi sebou vůli alespoň 2 mm. I menší vůle může být vyhodnocena jako neriziková – bude záležet na zhodnocení možného tolerančního řetězce a deformaci dílů.

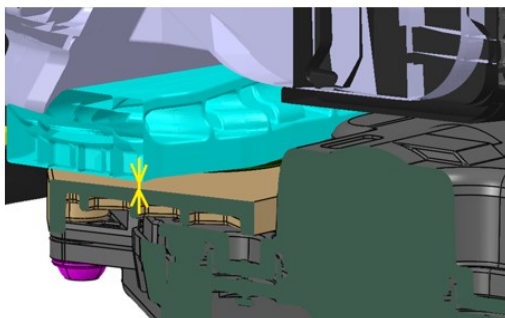
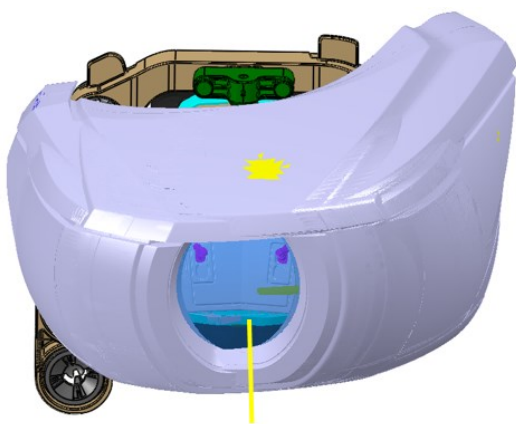
5. 1. Dynamické natáčení vs. Základní rám

Projektorová jednotka vykonává vůči Základnímu rámu pouze otáčivý pohyb – Dynamické natáčení světelné stopy v závislosti na natočení volantů. Veškeré ostatní kinematické pohyby jsou vykonávány společně. Je tedy potřeba zkontrolovat především krajní polohy při natočení projektorové jednotky – $\pm 10^\circ$.

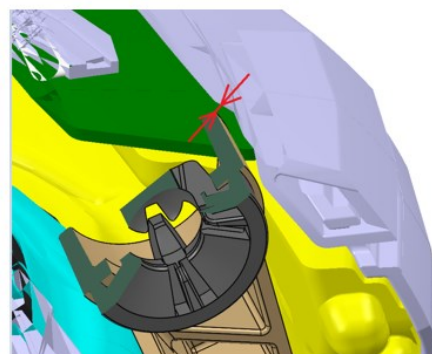
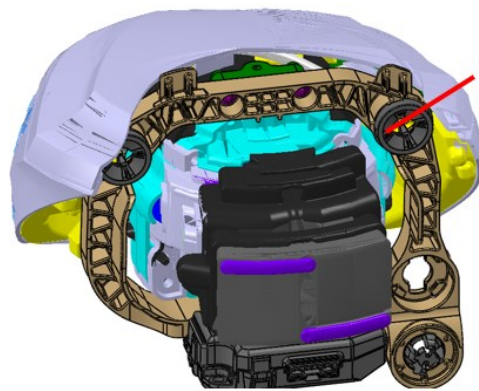
Základní rám tedy bude pevný díl a vůči němu budeme porovnávat zdvihový objem dílu Swiveling, vytvořený pohybem projektorové jednotky z polohy $0^\circ \rightarrow -10^\circ \rightarrow +10^\circ$. Kontrolu provedeme pomocí funkce Clash Analysis v software Catia V5. Tato analýza nám zkontroluje díly vzhledem ke vzájemným kolizním stavům, případně k předem definované vůli mezi díly (v našem případě uvažujeme vůli 2 mm).

Kritické oblasti

Mezi Projektorovou jednotkou a Základním rámem nejsou žádné kolize. Analýza ovšem odhaluje dvě místa, kde je vůle mezi díly menší než 2 mm. První oblast je zobrazena na obrázku 30. Jedná se o mezeru mezi díly Základní rám a Rám projektorové jednotky. Vzájemná mezera mezi díly je 0,85 mm. Tuto mezeru vyhodnocuji jako nevýznamnou, jelikož se jedná o rámy, které jsou mezi sebou vymezeny kluznou podložkou, na které je rám projektorové jednotky uložen. Druhá oblast, kde je mezera mezi díly menší, než 2 mm, je zobrazena na obrázku 31. Zde se jedná o díly Základní rám a Cap – horní vzhledový díl Projektorové jednotky. Celková mezera je 1,16 mm. Tuto oblast vyhodnocuji jako rizikovou, jelikož tyto díly mohou být po vylisování zdeformované a po montáži může být tato mezera ještě menší.



Obr. 30: Dynamické natáčení vs.
Základní rám I – vůle 0,85 mm



Obr. 31: Dynamické natáčení vs.
Základní rám II – vůle 1,16 mm

5. 2. Vertikální nastavení

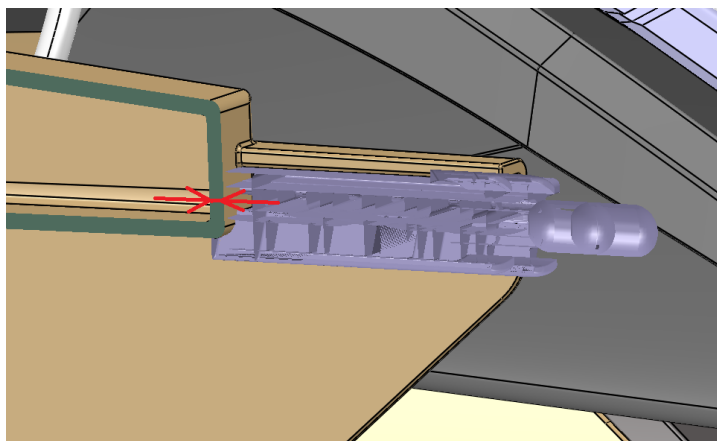
Seřizovací element vertikálního nastavení je tvořen kombinací manuálního a dynamického seřízení. Je proto třeba zkontrolovat, jestli motorek pro dynamické seřízení není v kritické pozici po seřízení manuálního nastavení. Jediný okolní díl světlometu, který může být pro daný motorek kritický, je Housing. Po analýze nedetekujeme žádnou kolizi, minimální mezera mezi díly je 2,05 mm.

5. 3. Horizontální nastavení

Zde je nastavovací element jednoduchý posuvný díl – Slider, který je potřeba zkontrolovat stejně jako vertikální nastavení především vůči Housingu. Po Clash analýze detekujeme kolizní stav s Housingem.

Kritické oblasti

Při seřízení směrem -3° dochází ke kolizi mezi nastavovacím elementem a stěnou Housingu, která má vytvářet doraz nastavovacího elementu. Kolize je 2,03 mm. Při doteku stěn nastavovacího elementu a Housingu je Základní rám natočen přibližně o -2° , což neodpovídá seřizovacímu rozsahu, který je nutné dodržet – ten má být -3° .



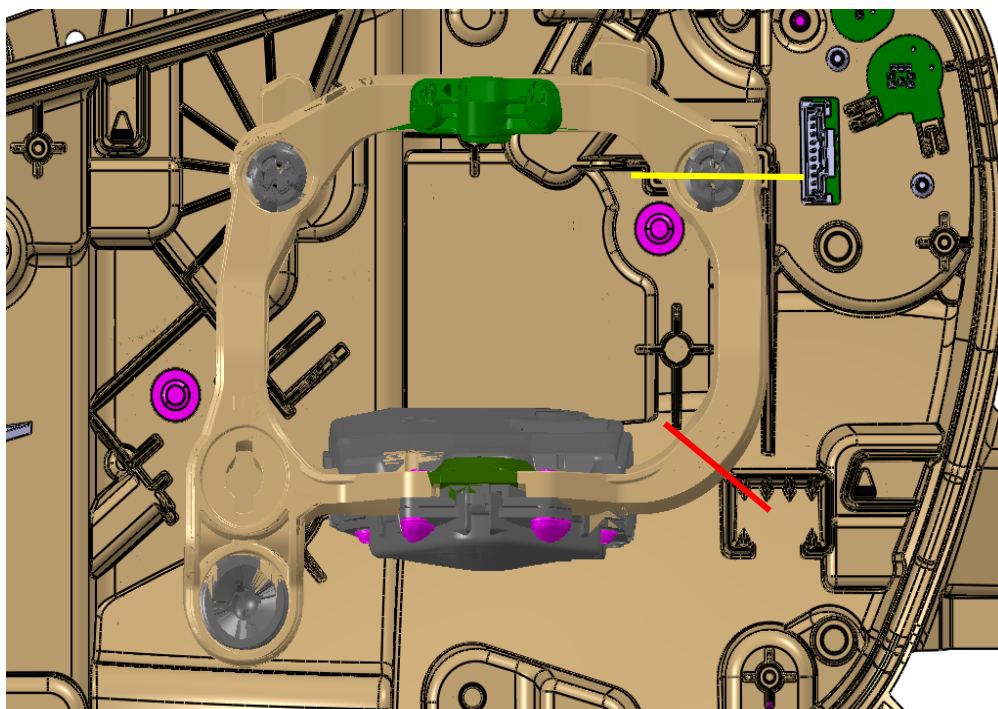
Obr. 32: Horizontální nastavení vs. Housing – kolize 2 mm

5. 4. Základní rám

Zde budeme vyhodnocovat zdvihový objem podstavy Základní rám, který je vytvořen pohybem $\pm 3^\circ$ v horizontálním směru a $\pm 5/-9^\circ$ ve vertikálním směru.

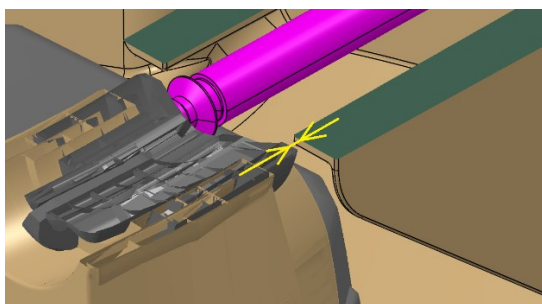
Kritické oblasti;

Mezi pohybem Základního rámu a okolními díly světlometu nejsou žádné kolize. Jsou ovšem detekovány dvě oblasti s mezerou menší než 2 mm. Obě oblasti se týkají Housingu. Oblast první, zobrazena na obrázku 34, je v místě, kde je Základní rám upevněn do nastavovacího elementu pro horizontální seřízení. Zde se nedají očekávat větší deformace a tím i ovlivnění mezery mezi díly, proto oblast vyhodnocuji jako nerizikovou. Druhá oblast s neakceptovatelnou mezerou je zobrazena na obrázku 35. Jedná se o roh Základního rámu, kde není žádný fixační element, díky čemuž tento „volný“ konec bude více náchylný na uložení do Housingu. Také komínek v Housingu může být zdeformován. Proto tuto oblast vyhodnocuji jako rizikovou.

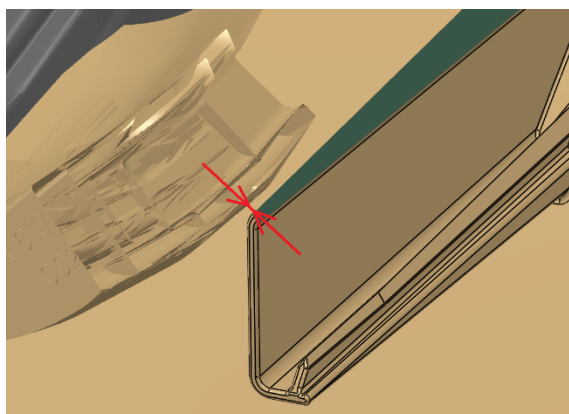


Obr. 33: Základní rám vs. Housing – Pozice kritických oblastí

Žlutě – Oblast I, červeně – Oblast II



Obr. 34: Základní rám vs. Housing –
vůle 1,35 mm



Obr. 35: Základní rám vs. Housing –
vůle 0,83 mm

5. 5. Spojovací tyč

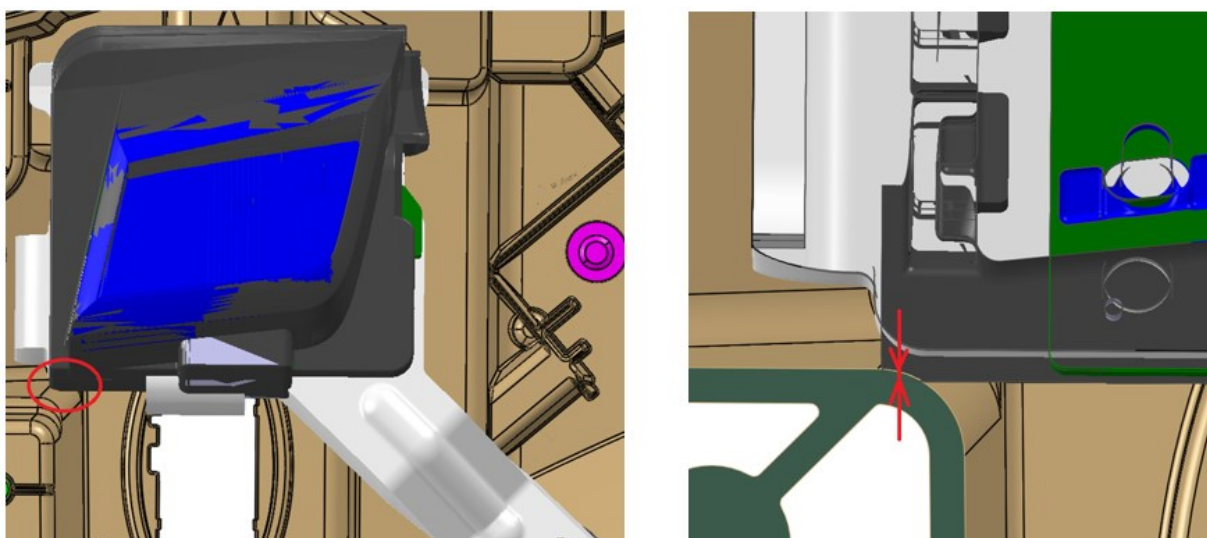
Jedná se o díl, kterým je spojený Modul přidavné dálkové jednotky se Základním rámem a pomocí kterého se přenáší pohyby nastavení. Po Clash analýze nedetekujeme žádné kolizní stavy ani mezery k okolním dílům menší než 2 mm.

5. 6. Přídavná dálková jednotka

Tato jednotka vykonává pouze vertikální pohyb v rozmezí $+5/-9^\circ$. Nejbližší okolní díly ve světlometu jsou Housing, Vzhledový Rámeček a Corner reflektor. Po Clash analýze byla odhalena kolize s Housingem a nedostatečná mezera se Vzhledovým rámečkem.

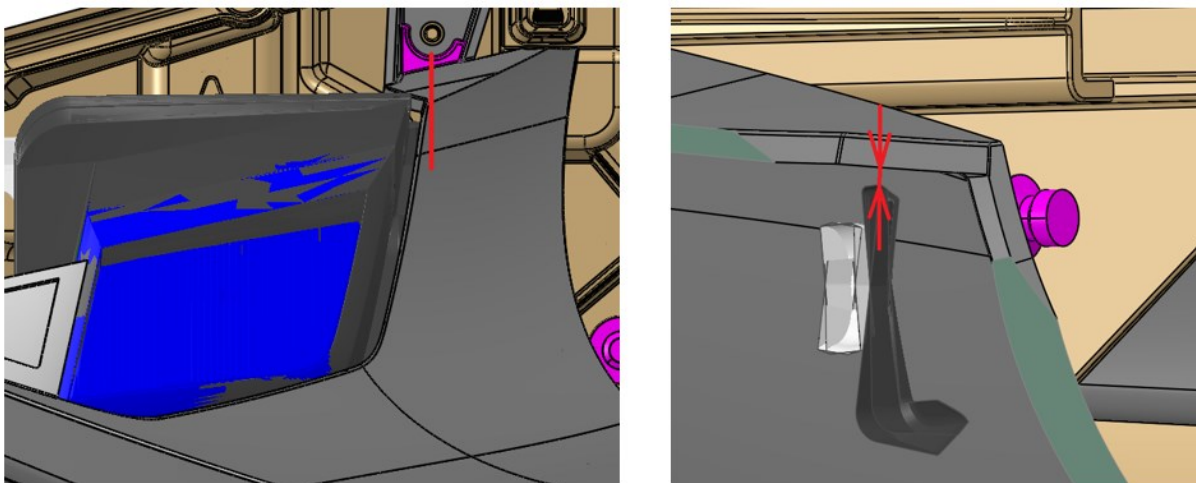
Kritické oblasti

První kritická oblast je zobrazena na obrázku 36. Jedná se o kolizi s Housingem, kdy je Přídavná dálková jednotka seřídána maximálně směrem dolů. V kolizi s Housingem je designový rámeček kolem hlavní čočky přídavné dálkové jednotky. Kolize je přibližně 0,55 mm.



Obr. 36: Přídavná jednotka vs. Housing – kolize 0,55 mm

Druhá kritická oblast je nedostatečná vzdálenost mezi designovým rámečkem kolem hlavní čočky přídavné dálkové jednotky a Vzhledovým rámečkem světlometu, zobrazeno na obrázku 37. Minimální vzdálenost je 1,45 mm. Tato část Vzhledového rámečku je sice poměrně blízko fixačnímu bodu, ovšem vzhledem na celkový tvar rámečku vyhodnocuji tuto oblast jako rizikovou.



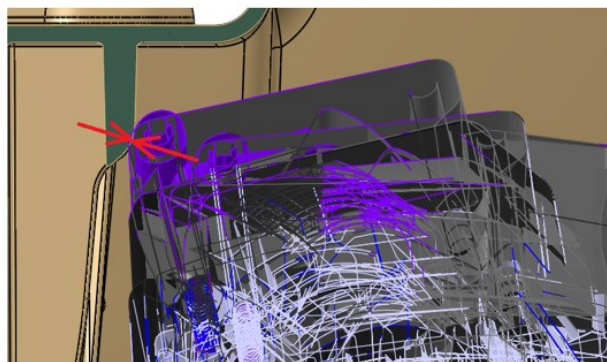
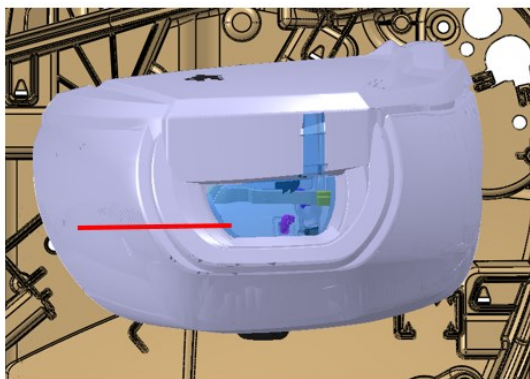
Obr. 37: Přidavná dálková vs. Vzhledový rámeček – vůle 1,45 mm

5. 7. Dynamické natáčení

Pro dynamické natáčení jsem analýzu kritických oblastí prováděl pro dvě různá maximální vytočení projektorové jednotky. Maximální rozsah, jaký může Základní rám vykonat je $\pm 3^\circ$ horizontálně a $\pm 9^\circ$ vertikálně. V Základním rámu se může ještě samotná projektorová jednotka horizontálně natáčet v rozsahu $\pm 10^\circ$. Kompletní rozsah dynamického natáčení je tedy horizontálně $\pm 13^\circ$ a vertikálně $\pm 9^\circ$. Nejprve jsem si vytvořil zdvihový objem Projektorové jednotky, která je horizontálně vytočena vůči základnímu rámu o $+10^\circ$, poté jsem si vytvořil zdvihový objem Projektorové jednotky, která je horizontálně vytočena vůči základnímu rámu o -10° . Takto jsem měl pokryté kompletní možné polohy Projektorové jednotky vůči okolním dílům světlometu.

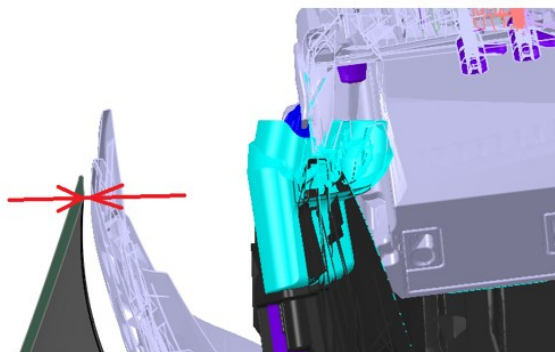
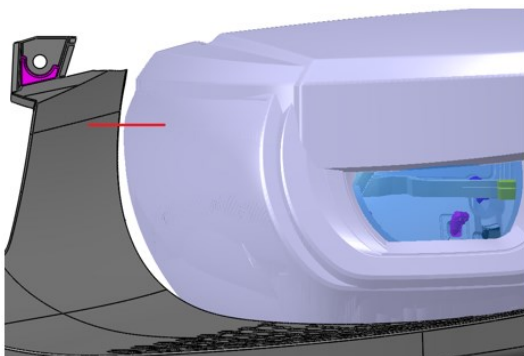
Kritické oblasti pro $+10^\circ$

První kritická oblast je kolizní stav s Housingem v zadní části světlometu. V kolizi je ventilátor projektorové jednotky, který slouží ke chlazení jednotky. Tuto kolizi zobrazuje obrázek 38. Velikost kolize je 0,31 mm.



Obr. 38: Dynamické natáčení $+10^\circ$ vs. Housing – kolize 0,31 mm

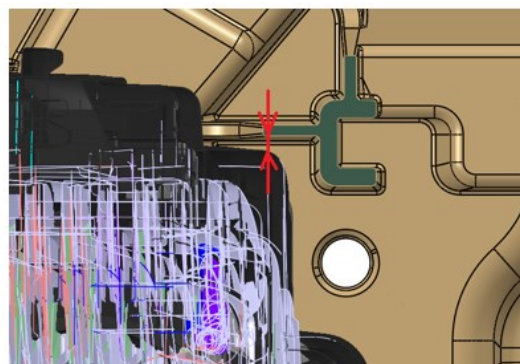
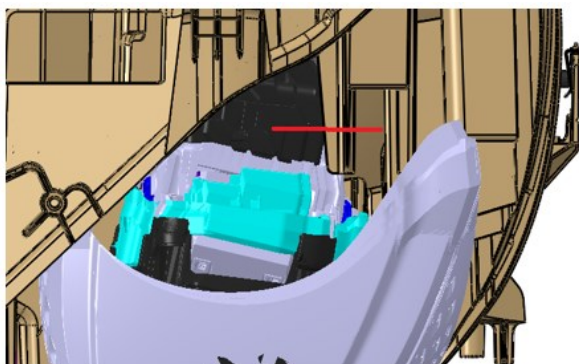
Další kritickou oblastí je nedostatečná vůle ke Vzhledovému rámku. Jedná se o přední vzhledový díl projektorové jednotky – Beauty ring. Mezera mezi díly je 1,76 mm.



Obr. 39: Dynamické natáčení $+10^\circ$ vs. Vzhledový rámeček – vůle 1,76 mm

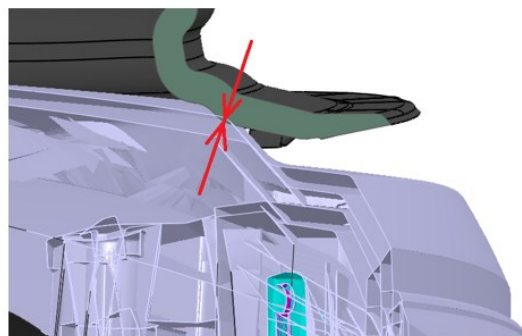
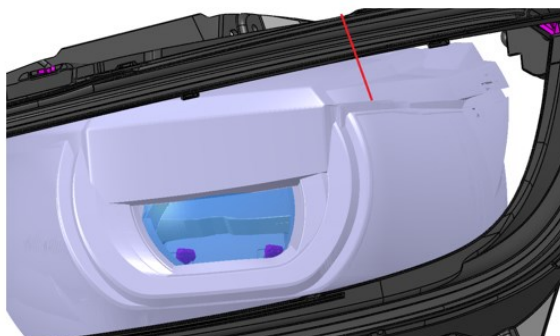
Kritické oblasti pro -10°

První kritická oblast je opět mezi zadní částí Projektorové jednotky a Housingem. Zde je nedostatečná mezera mezi držákem ventilátoru a zpevňovacím žebrem pro vedení horizontálního nastavovacího elementu. Mezera je 1,8 mm



Obr. 40: Dynamické natáčení -10° vs. Housing – vůle 1,8 mm

Další kritická oblast je kolize mezi horním dílem projektorové jednotky – Cap a Reflektorem pro denní svícení, poziční a směrovou funkci. Tento reflektor je umístěn v podsestavě skla. Kolize je 0,25 mm.



Obr. 41: Dynamické natáčení -10° vs. Reflektor pro DRL – kolize 0,25 mm

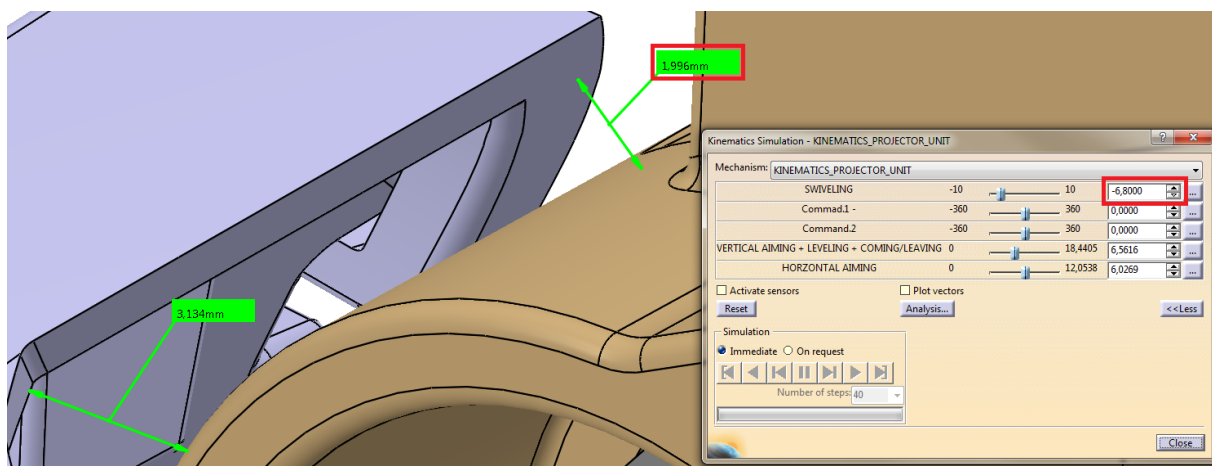
6. Zhodnocení a doporučení

V této kapitole detailněji určíme zjištěné kolizní stavy a nedostatečné vzdálenosti jednotlivých dílů, které jsme detekovali v předešlé kapitole. V té jsme pouze objevili kritické oblasti, nyní určíme, od jakých rozsahů je nepřipustný stav, a navrhne doporučení k úpravám okolních dílů, aby k těmto stavům nedošlo.

6. 1. Dynamické natáčení vs. Základní rám

6. 1. 1. Zhodnocení

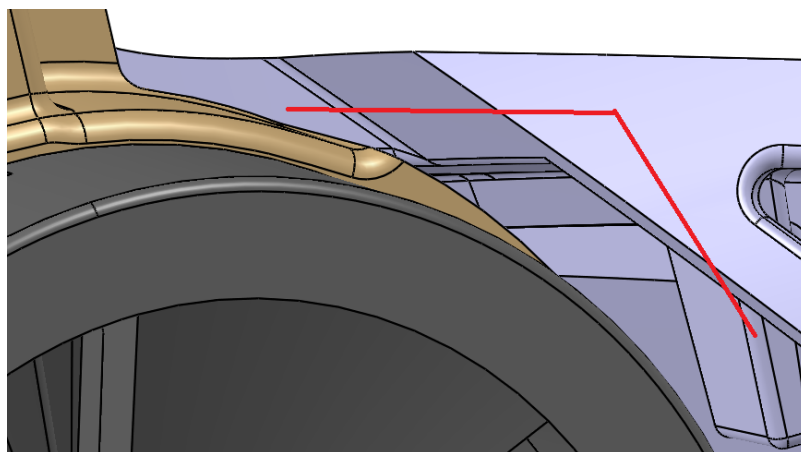
Při natáčení směrem $0^\circ \rightarrow -10^\circ$ dojde k přiblížení dílů až na hodnotu 1,16 mm. Minimální přípustná hodnota 2 mm je dosažena již při vytočení jednotky o $-6,8^\circ$.



Obr. 42: Dynamické natáčení vs. Základní rám – zhodnocení

6. 1. 2. Doporučení

Provést úpravu na díle Cap. Tento díl je vzhledový, proto je nutné provést úpravu tak, aby nebyly ovlivněny pohledové plochy dílu. Díl je možné upravit podle obrázku 43. Červený náčrt zobrazuje profil, který je vzdálen 2 mm od Základního rámu.

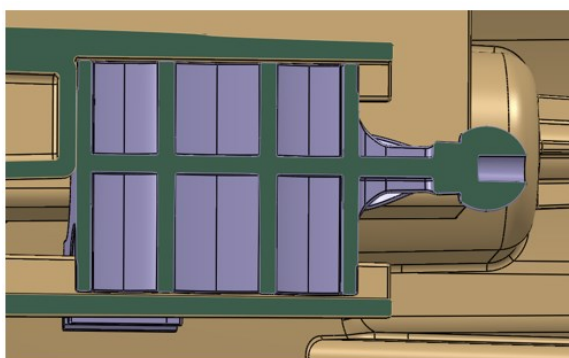


Obr. 43: Dynamické natáčení vs. Základní rám – doporučení

6. 2. Horizontální nastavení vs. Housing

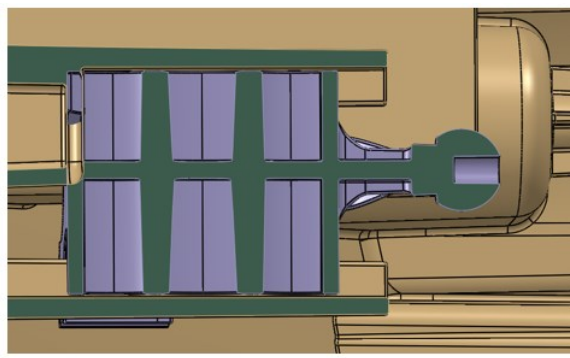
6. 2. 1. Zhodnocení

Při pohybu nastavovacího elementu pro horizontální seřízení směrem $0^\circ \rightarrow -3^\circ$ ($\sim 6,03 \text{ mm} \rightarrow 12,54 \text{ mm}$) dojde ke kolizi s Housingem. K doteku mezi oběma díly dojde při vysunutí nastavovacího elementu o $10,02 \text{ mm}$, což odpovídá seřízení základního rámu -2° . To sice zaručuje seřizovací rozsah požadován zákazníkem, nesplňujeme ovšem interní požadavky na seřizovací rozsahy a proto je potřeba provést úpravu.



Kinematics Simulation - KINEMATICS_PROJECTOR_UNIT				
Mechanism: KINEMATICS_PROJECTOR_UNIT				
SWIVELING	-10	10	0,0000	...
Command.1 -	-360	360	0,0000	...
Command.2	-360	360	0,0000	...
VERTICAL AIMING + LEVELING + COMING/LEAVING	0	18,4405	6,5616	...
HORIZONTAL AIMING	0	12,0538	10,0220	...

Obr. 44: Horizontální nastavení vs.
Housing – zhodnocení, dotek

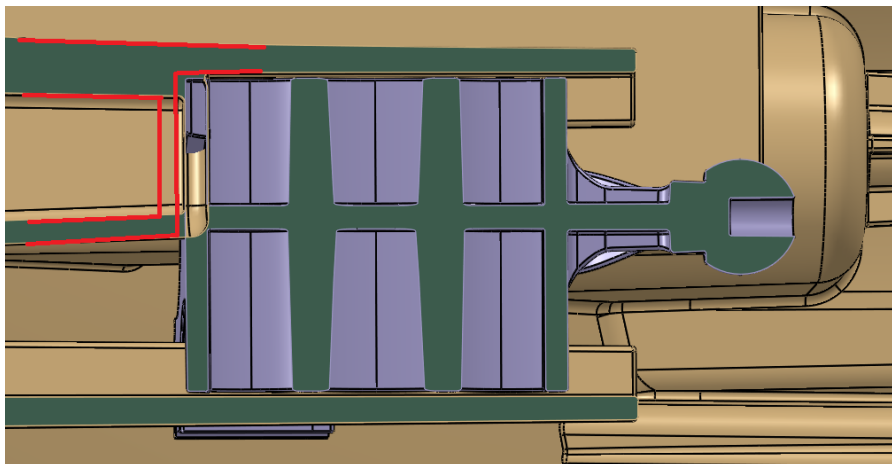


Kinematics Simulation - KINEMATICS_PROJECTOR_UNIT				
Mechanism: KINEMATICS_PROJECTOR_UNIT				
SWIVELING	-10	10	0,0000	...
Command.1 -	-360	360	0,0000	...
Command.2	-360	360	0,0000	...
VERTICAL AIMING + LEVELING + COMING/LEAVING	0	18,4405	6,5616	...
HORIZONTAL AIMING	0	12,0538	12,0538	...

Obr. 45: Horizontální nastavení vs.
Housing – zhodnocení, kolize

6. 2. 2. Doporučení

Provést úpravu stěny Housingu, která je v kolizi s nastavovacím elementem.

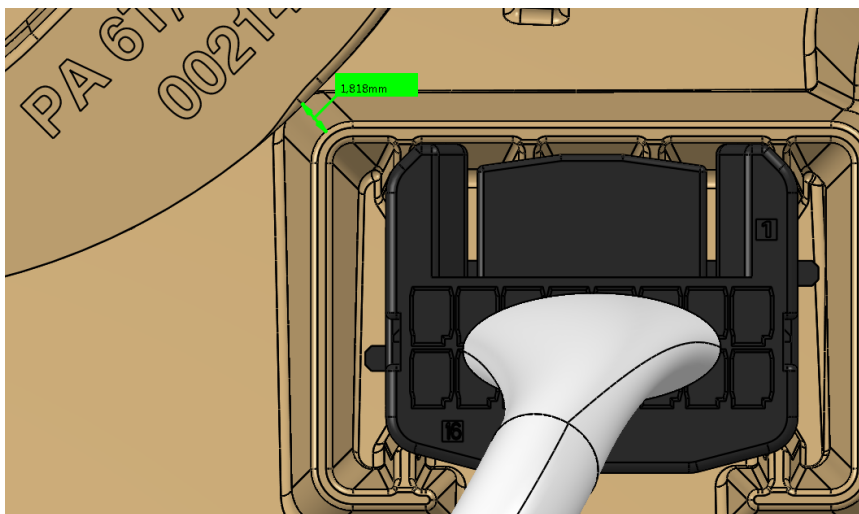


Obr. 46: Horizontální nastavení vs. Housing – doporučení

6. 3. Základní rám vs. Housing

6. 3. 1. Zhodnocení

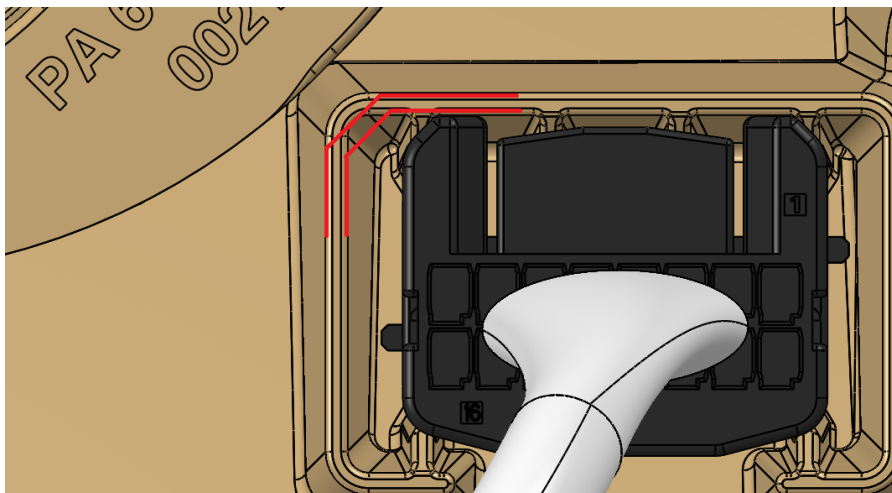
Při seřízení Základního rámu horizontálně z polohy $0^\circ \rightarrow -3^\circ$ a vertikálně $0^\circ \rightarrow -9^\circ$ dojde k přiblížení dílů více, než je povoleno. Minimální mezera, která je dosažena v této poloze, odpovídá hodnotě 0,83 mm. Už při nulové pozici je Základní rám k Housingu blíže než 2 mm, a to 1,8 mm. Na vzdálenost má vliv jak vertikální, tak i horizontální seřízení světelné stopy.



Obr. 47: Základní rám vs. Housing – zhodnocení

6. 3. 2. Doporučení

Z obrázku 47 je patrné, že stěna Housingu, která je příliš blízko k Základnímu rámu, je určena pro umístění části kabeláže světlometu. Tuto stěnu je možné modifikovat, proto doporučuji roh daného komínku srazit, případně srazit pouze lokálně z jedné strany.

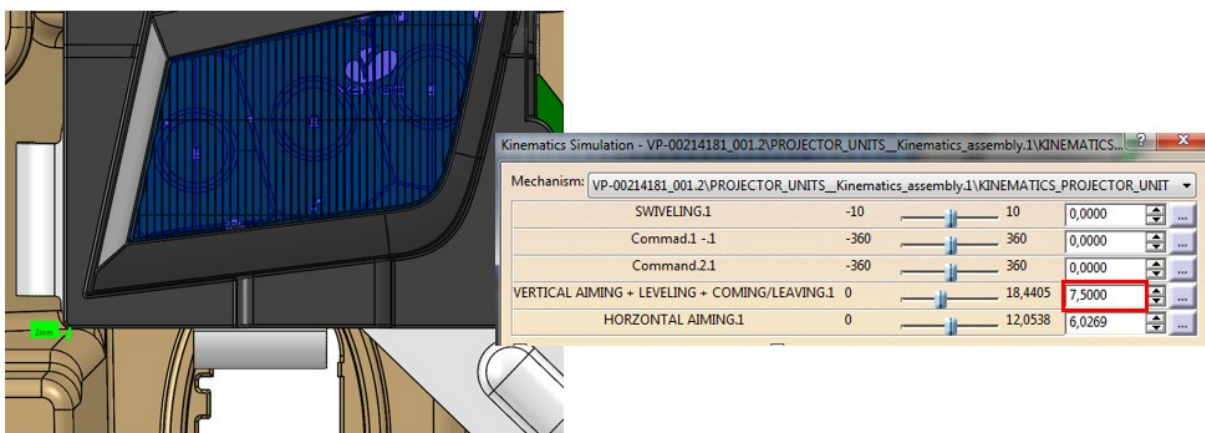


Obr. 48: Základní rám vs. Housing – doporučení

6. 4. Přídavná dálková jednotka vs. Housing

6. 4. 1. Zhodnocení

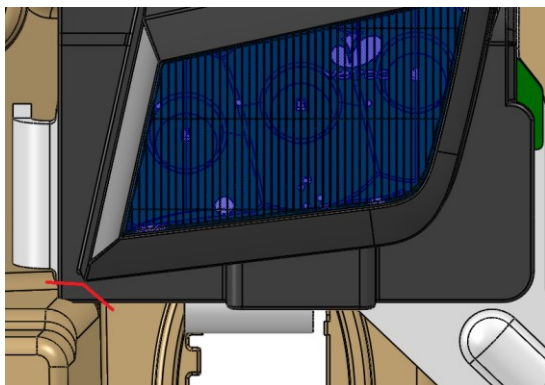
Modul přídavné dálkové jednotky je v kolizi s Housingem. Kolizní stav je dosažen při vertikálním seřízení směrem dolů z polohy $0^\circ \rightarrow -9^\circ$. Tato poloha odpovídá následujícímu seřízení: -3° základní seřízení světelné stopy, -4° nastavení výšky světelné stopy v závislosti na zatížení náprav a -2° funkce Coming/Leaving Home. Funkce Coming/Leaving Home je aktivní pouze při odemykání a zamykání vozidla, v běžném provozu se tato funkce nezapíná, proto se v provozu na tuto krajní polohu (-9°) Přídavná dálková jednotka nikdy neodstane. Minimální požadovaná mezera mezi díly je dosažena při vysunutí vertikálního seřízení na hodnotu 7,5 mm, což odpovídá úhlovému natočení $-0,72^\circ$.



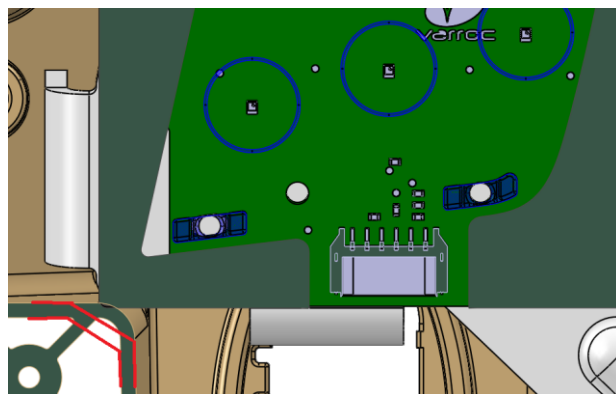
Obr. 49: Přídavná dálková jednotka vs. Housing – zhodnocení

6. 4. 2. Doporučení

Roh designového rámečku Přídavné dálkové jednotky je ve světlometu v zákrytu za dalším dílem, proto doporučuji přidat sražení, případně jinak vhodně upravit tvar daného rohu tak, aby při maximálním vertikálním seřízení bylo dosaženo minimální vzdálenosti mezi tímto místem a stěnou Housingu 2 mm. Pokud by nebylo možné zasahovat do designu tohoto dílce, je možné lokálně upravit stěnu Housingu tak, aby bylo dosaženo požadované mezery 2 mm.



Obr. 50: Přídavná dálková jednotka vs. Housing – doporučení I

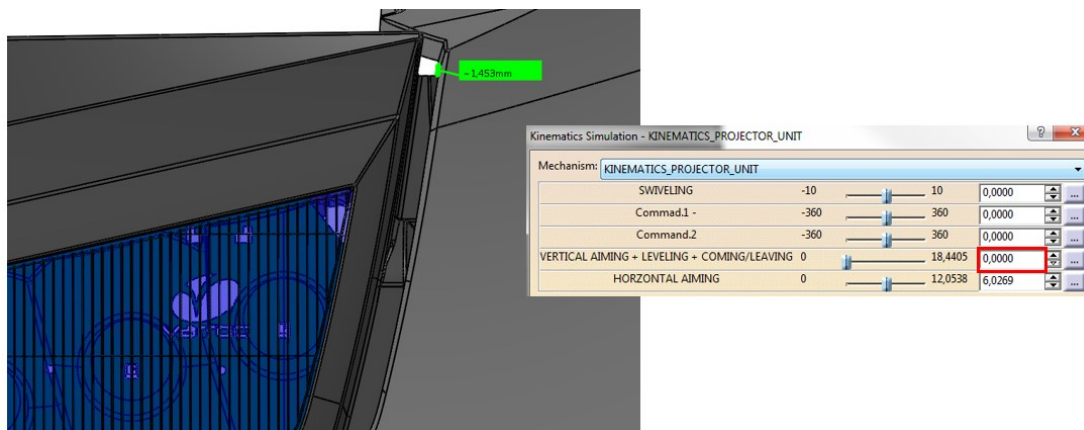


Obr. 51: Přídavná dálková jednotka vs. Housing – doporučení II

6. 5. Přídavná dálková jednotka vs. Vzhledový rámeček

6. 5. 1. Zhodnocení

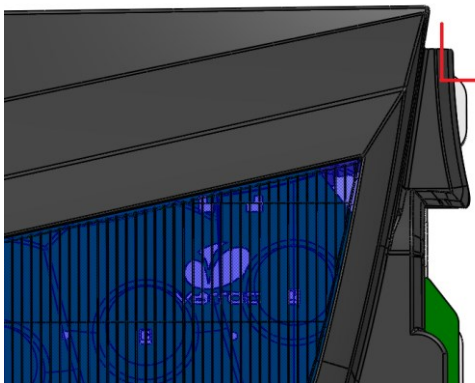
Minimální požadované mezery mezi designovým rámečkem Přídavné dálkové jednotky a Vzhledovým rámečkem světlometu je dosaženo při vertikálním vysunutí seřizovacího elementu 11,65 mm, což odpovídá natočení $-3,9^\circ$. Při nulové pozici jsou od sebe rámečky vzdáleny 1,74 mm. Při kritické poloze světelné jednotky – poloha $+5^\circ$ (\sim vertikální element v poloze 0 mm), je vzdálenost mezi jednotlivými rámečky 1,45 mm.



Obr. 52: Přídavná dálková jednotka vs. Vzhledový rámeček – zhodnocení

6. 5. 2. Doporučení

Roh designového rámečku Přídavné dálkové jednotky je ve světlometu skrytý za Vzhledovým rámečkem, proto doporučuji přidat sražení, případně jinak vhodně upravit tvar daného rohu tak, aby při maximálním vertikálním seřízení bylo dosaženo minimální vzdálenosti mezi tímto místem a Vzhledovým rámečkem.

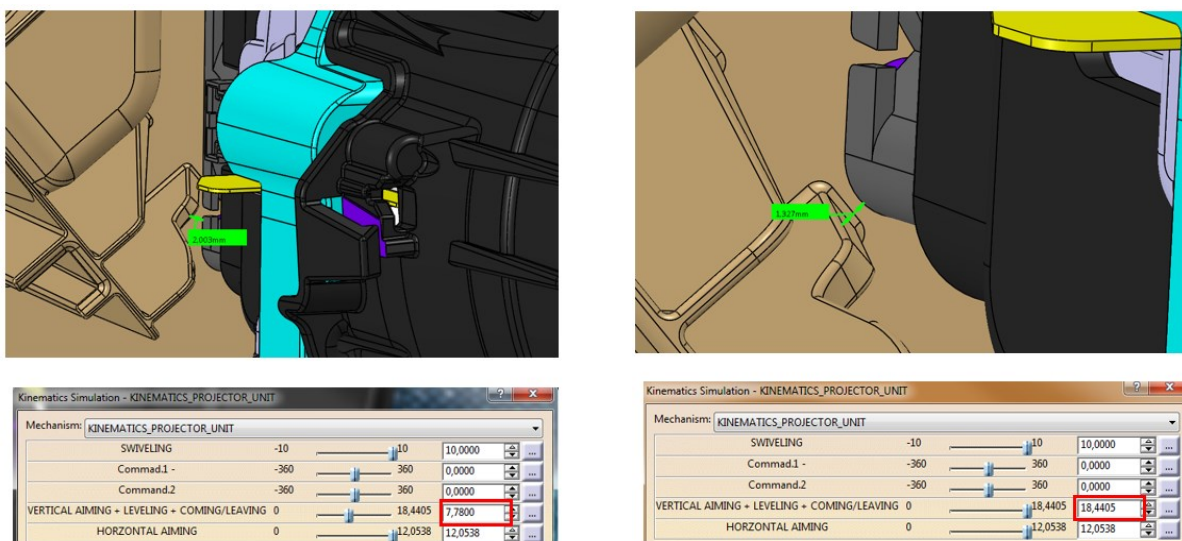


Obr. 53: Přídavná dálková jednotka vs. Vzhledový rámeček – doporučení

6. 6. Dynamické natáčení vs. Housing I

6. 6. 1. Zhodnocení

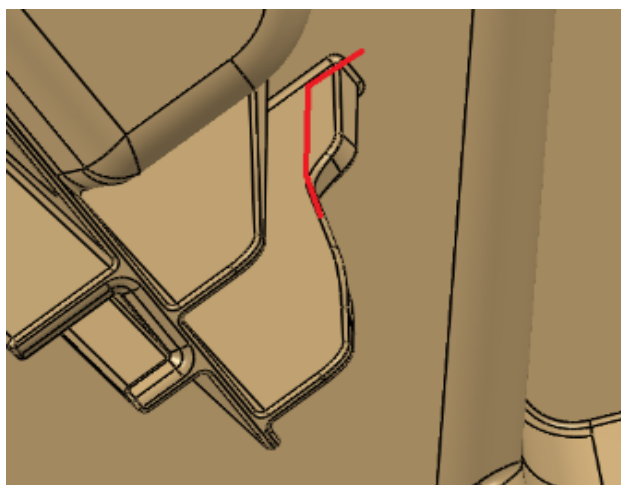
V tomto případě dochází ke kolizi mezi ventilátorem projektorové jednotky Dynamického natáčení a zpevňovacím žebrem pro vedení vertikálního seřízení. Při poloze horizontálního seřízení $+3^\circ$ a dynamického natočení Projektorové jednotky $+10^\circ$ dojde ke kolizi během pohybu při vertikálním seřízení z polohy $+5^\circ \rightarrow -9^\circ$. Při tomto směru je minimální mezera 2 mm dosažena při vertikálním seřízení $-1,3^\circ$ (vysunutí vertikálního seřízení $\sim 7,78$ mm). V krajní poloze -9° je minimální mezera 1,3 mm (vysunutí vertikálního seřízení $\sim 18,44$ mm). Od vertikálního seřízení $-1,3^\circ$ až do -9° je tedy projektorová jednotka s Housingem buď v kolizi, nebo zde není dosažena požadovaná vzdálenost mezi díly.



Obr. 54: Dynamické natáčení vs. Housing I – zhodnocení

6. 6. 2. Doporučení

Jelikož je ventilátor dodávaný díl, jediné možné řešení k odstranění této kolize je úprava na Housingu. Nezbytná je úprava zpevňovacího žebra pro vedení vertikálního nastavovacího elementu.

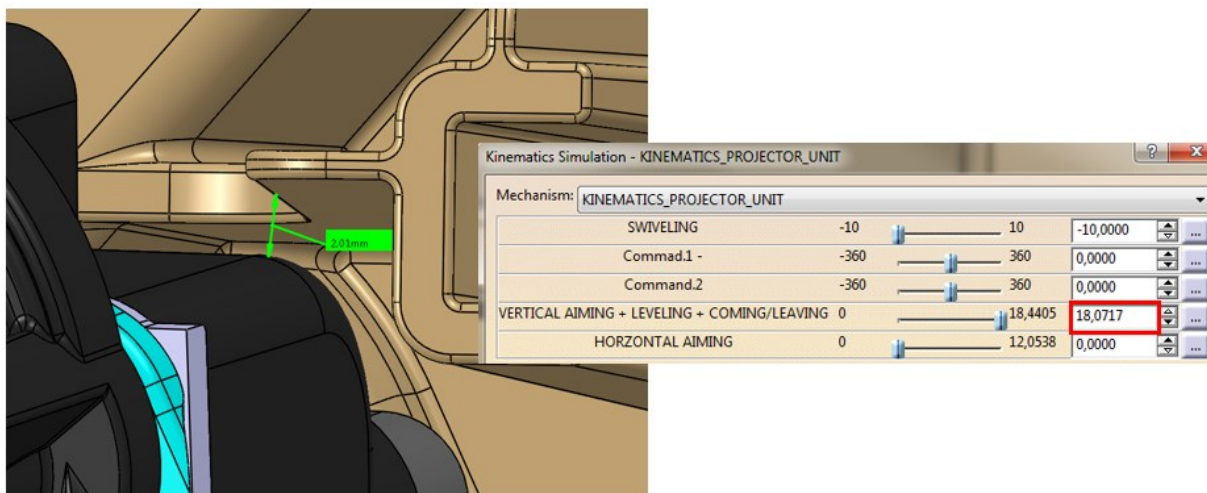


Obr. 55: Dynamické natáčení vs. Housing I – doporučení

6. 7. Dynamické natáčení vs. Housing II

6. 7. 1. Zhodnocení

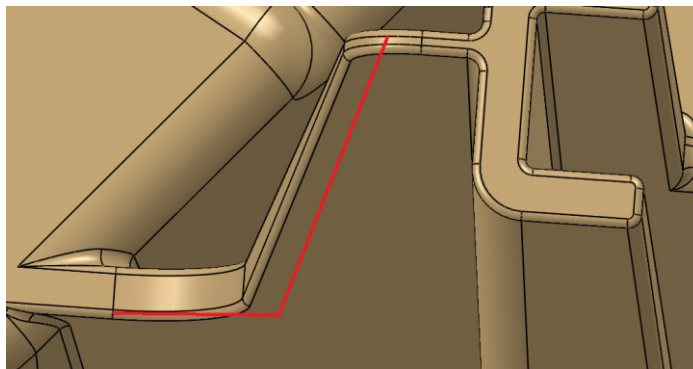
Zde dochází k nesplnění podmínky pro minimální mezeru 2 mm. V krajní poloze (horizontálně -3° , dynamické natáčení -10° , vertikálně -9°) je dosaženo mezery 1,8 mm mezi držákem pro ventilátor projektorové jednotky a zpevňovacím žebrem pro vedení horizontálního elementu. Mezery 2 mm je dosaženo při $-8,4^\circ$ (vysunutí vertikálního seřízení $\sim 18,07$ mm).



Obr. 56: Dynamické natáčení vs. Housing II – zhodnocení

6. 7. 2. Doporučení

Zde doporučuji rovněž upravit zpevňovací žebro pro vedení horizontálního nastavovacího elementu.

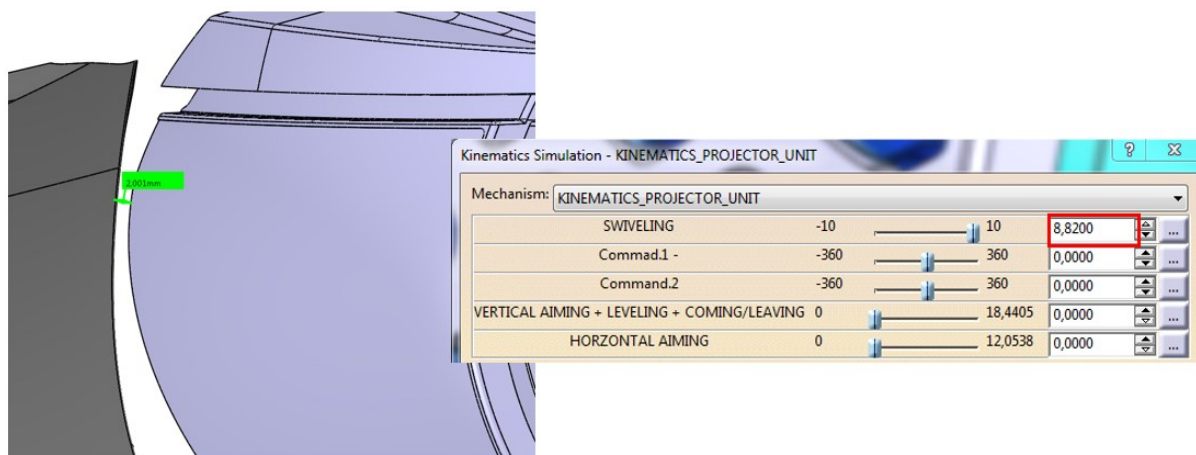


Obr. 57: Dynamické natáčení vs. Housing II – doporučení

6. 8. Dynamické natáčení vs. Vzhledový rámeček

6. 8. 1. Zhodnocení

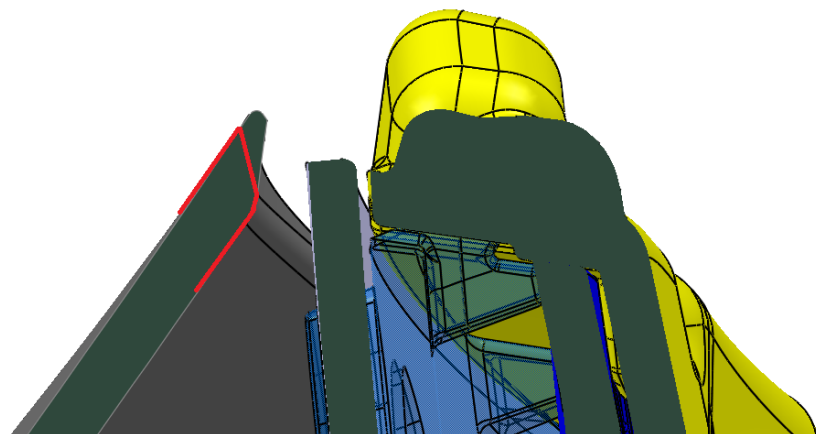
Mezi těmito díly je nedostatečná mezera. Při základním seřízení -3° horizontálně, $+5^\circ$ vertikálně a $+10^\circ$ dynamického natočení světelné stopy dochází k tomu, že díly Beauty ring a Vzhledový rámeček světlometu jsou od sebe vzdáleny 1,78 mm. Požadovaná mezera 2 mm je dosažena při rozsahu seřízení -3° horizontálně, $+5^\circ$ vertikálně a $8,82^\circ$ dynamickém natočení.



Obr. 58: Dynamické natáčení vs. Vzhledový rámeček – zhodnocení

6. 8. 2. Doporučení

Oba díly jsou definovány jako vzhledové. Doporučuji lehce upravit boční stěnu Vzhledového rámku – díky ostřejšímu zkosení stěny bude zvětšená mezera mezi díly. Tvar zkosení boční stěny je zobrazen na obrázku 59.

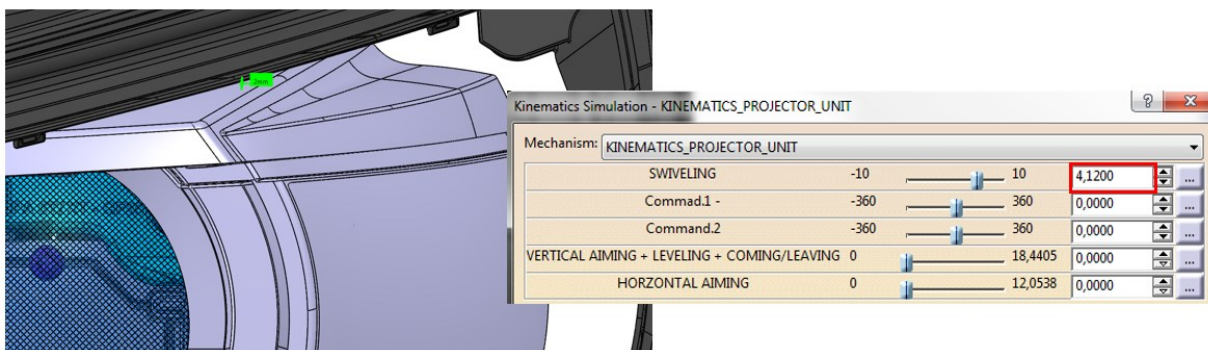


Obr. 59: Dynamické natáčení vs. Vzhledový rámeček – doporučení

6. 9. Dynamické natáčení vs. Reflektor DRL

6. 9. 1. Zhodnocení

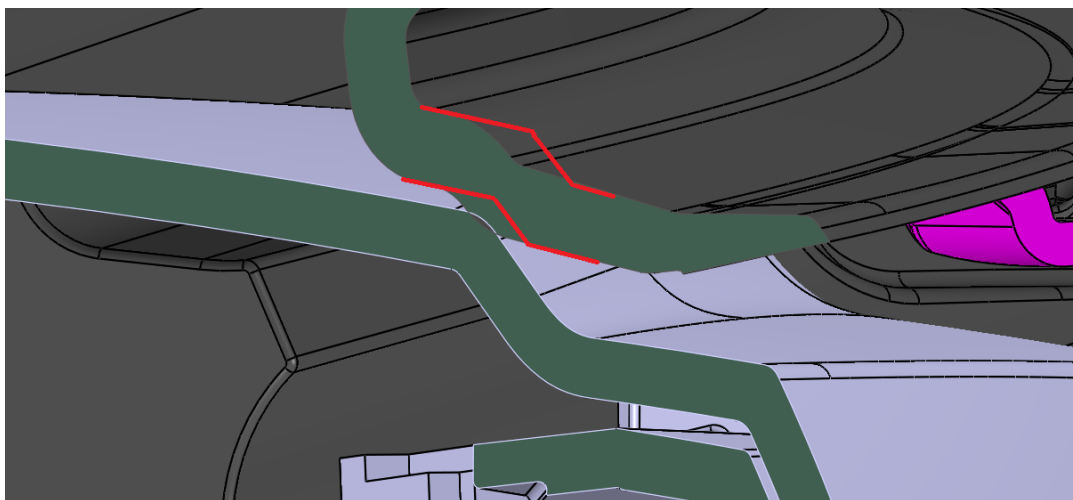
Zde dochází ke koliznímu stavu mezi horním dílem projektorové jednotky – Cap, a Reflektorem pro denní svícení. Při vertikálním seřízení $+5^\circ$ a horizontálním seřízení -3° je mezera 2 mm mezi těmito díly dosažena již při Dynamickém natočení $4,12^\circ$. V nulové pozici je vzdálenost mezi díly 1,17 mm, ke kolizi dojde při natočení $-6,6^\circ$. Nesplnění požadovaných podmínek je tedy v rozsahu od $4,12^\circ \div -10^\circ$.



Obr. 60: Dynamické natáčení vs. Reflektor – zhodnocení

6. 9. 2. Doporučení

Nejvhodnějším řešením k odstranění kolize a vytvoření potřebné minimální mezery je modifikace stěny Reflektoru DRL. Úprava musí být provedena pro celý kinematický rozsah, při kterém dochází ke kolizi a kde není splněna podmínka minimální mezery mezi díly.



Obr. 61: Dynamické natáčení vs. Reflektor – doporučení

7. Závěr

Cílem práce bylo sestavení kinematického modelu dvou spřažených projektorových jednotek v předním světlometu pomocí softwaru Catia V5. V úvodu praktické části nejprve popisují, jaká kinematika je ve světlometu požadovaná zákazníkem a jaké rozsahy kinematického nastavení je nutné splnit. Následně se věnují jednotlivým kinematickým modulům. Jsou určeny pevné body modulů, jejich nastavovací elementy – pohyblivé body, a jsou definovány směry pohybů jednotlivých nastavovacích elementů. Poté se věnují popisu kinematického nastavení obou modulů. Bylo zjištěno, že v reálném mechanismu je použito neadekvátní uložení pro kulový čep horizontálního nastavení, které bude potřeba ve vytvářeném kinematickém modelu nahradit. Vzhledem k malým rozsahům horizontálního nastavení ovšem může být toto uložení v reálném mechanismu použito.

Následně se věnují sestavení kinematického modelu. Musela být vytvořena nová sestava a nový díl, ve kterém bude vytvořena geometrie pro pohyb nastavovacích elementů a definování jejich směrů. Do nově vytvořené kinematické sestavy je potřeba vložit jednotlivé díly a podsestavy tak, jak se reálně vůči sobě pohybují. Ve skutečnosti jsou totiž díly do podstav skládány dle posloupnosti montáže, což pro kinematický model nelze použít.

Po sestavení kinematického mechanismu můžeme spustit jeho simulaci. Jedním z výstupů simulace jsou zdvihové objemy všech dílů a podstav, které jsou v mechanismu obsažené. Díky těmto zdvihovým objemům získáme kompletní možnou obálku pohybu daného dílu vytvořenou pomocí ploch a bodů, což je potřebné pro návrh ostatních okolních dílů ve světlometu. To je vhodné během předvývoje a vývoje produktu. V našem případě jsme zdvihové objemy použili pro vyhodnocení rizikových oblastí k již namodelovaným dílům. Jelikož kinematické rozsahy jsou dané, získáme potřebné informace jak a který díl upravit tak, aby nebylo dosaženo žádných kritických oblastí ve světlometu mezi pohybujícími se díly a pevnými okolními díly.

Na závěr jsem po analýze kritických oblastí provedl zhodnocení a doporučení úprav jednotlivých dílů. Celkem bylo zjištěno 9 kritických oblastí – 4 kolize a 5 oblastí, kde byla detekována menší než minimální povolená vůle mezi díly (2mm).

Použitá literatura a zdroje

- [1] DMU Kinematics Simulator. *Catiadesign.org* [online]. [cit. 2019-01-06]. Dostupné z: https://www.catiadesign.org/_doc/v5r14/catpdfkinug_C2/kinug.pdf
- [2] *Kinematics of Head lamps*. Varroc Lighting Systems, 2018.
- [3] Regulace sklonu světlometů. *Autolexicon.net* [online]. [cit. 2018-12-19]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/regulace-sklonu-svetlometu/>
- [4] Headlamp levelling system. *Hella.com* [online]. [cit. 2018-12-19]. Dostupné z: <https://www.hella.com/techworld/uk/Technical/Automotive-lighting/Headlamp-levelling-system-838/>
- [5] Bend lighting. *Hella.com* [online]. [cit. 2018-12-19]. Dostupné z: <https://www.hella.com/techworld/uk/Technical/Automotive-lighting/Bend-lighting-703/>
- [6] Audi Matrix LED & Laser. *Automobilrevue.cz* [online]. [cit. 2019-02-03]. Dostupné z: https://www.automobilrevue.cz/rubriky/clanky/technika/audi-matrix-led-laser-jeste-ucinnejsi_44442.html
- [7] Jak se vyvíjela světla aut. *Autoforum.cz* [online]. [cit. 2019-02-04]. Dostupné z: <http://www.autoforum.cz/technika/jak-se-vyvijela-svetla-aut-od-acetylenu-po-lasery/>
- [8] *Kinematics of HLs - clash and minimal gap analysis*. Varroc Lighting Systems, 2018.
- [9] Světlomety a elektronika světlometů. In - *TECH 2* [online]. [cit. 2019-02-06]. Dostupné z: http://intech2.tul.cz/dokumenty/vystupy_z_projektu/03~Partner%20-%20%C5%A0KODA%20Auto/P2-06_Sv%C4%9Btlomety%20a%20elektronika%20-%20Van%C3%ADk.pdf
- [10] *General Performance Specification*. Varroc Lighting Systems, 2017.
- [11] *Design guidelines*. Varroc Lighting Systems.